U. D. C. 55(05)

地質調査所月報

受入番號 9~11
種別
分類 914
工業技術廳

第 2 卷　第 3 號

目　次

報　文

砂川一郎：　島根県鰐淵鉱山別所坑石膏鉱体中に於ける黄鉄鉱の晶相変化に関する研究 1

岩生周一，安斎俊男，岡野武雄：　丹波地域の炉材珪石鉱床調査報文（総説）..... 10

伊藤昌介，富田光孝：　新湾県飯豊鉱山鉛・亜鉛鉱床調査報告 30

吉田善亮，小村幸二郎：　高知県白滝鉱山含銅硫化鉄鉱床調査報告 33

尾原信彦，渡辺和衛，上野静子：　濕式法による石炭中の炭素定量とその應用 37

速　報

兼子勝，他 7 名：　山形市附近天然ガス調査速報 44

伊田一善，篠山昌市：　宮崎県加久藤天然ガス地質調査報告 50

佐々木実：　石炭の発熱量（無水，無鉱物基）に就いて 57

雜　報

「秋田陶石」　鉱床調査

工業技術廳地質調査所

昭和 26 年 3 月

549.324.31 : 548.5 (521.82)

島根縣鰐淵鉱山別所坑石膏鉱体中に於ける黄鉄鉱の晶相変化に関する研究

砂　川　一　郎*

Résumé

On the Variation of Crystal Habit of Pyrite in "Bessho" Gypsum Deposits, Wanibuti Mine, Shimane Prefecture.

by

Ichirō Sunagawa

1.) As a part of my study on the variation of crystal habit of minerals in ore deposits, I made some observations on pyrite crystals in Bessho gypsum deposits, Wanibuti Mine.

2.) Bessho deposit is a replacement one which shapes like a sweet-potato (about 240 ×60×50 m.). Ore minerals are alabaster and fibrous gypsum crystallized in clay, which are macroscopically devided into three types: brown and no greasy feeling, green and greasy feeling, and yellowish white. These differences of clay seem due to the differences of their original rocks. The distribution of them is shown in Fig. 5.

3.) Pyrite crystallizes mainly in clay and rarely in gypsum. The crystals are small but perfect, and their habits are mainly pentagonal-dodecahedral and cubic and rarely octahedral. Predominant faces recognized by two-circle goniometer are:

a(100) e(210) δ(430) λ(11.9.0)γ(650)σ(760) d(110) o(111) n(211)

and beside them following vicinal faces are determined.

Γ(740) (970) D(540)π(870) (10.9.0)Λ(11.10.0)

Remarks of these faces are always good, and their goniometric data are listed in Table 1. Typical habits in Bessho deposits are shown in Fig. 2.

4.) Pentagonal-dodecahedral faces have an interesting morphological problem. In general cases, especially in vein type deposits, these faces consist of only e(210) face, but in the present case they are of composite type with two or three faces such as e(210), (650), d(110) and others. This composite type has been found also in pyrite from some other replacement deposits such as Hanaoka mine (typical deposit of so-called *kuromono* ore), and seems to be characteristic of pyrite in massive replacement deposits.

5.) Pyrite crystals change their habits as their size gets larger, and the sepuence of change is regular in most cases. I will show two typical examples of them from Bessho deposit.

Example 1

In yellowish white clay, assosiated with small crystals of zincblende chalcopyrite and galena.

Crystal habit—

Type 1—cubic, a(100) is large, e(210) is small and rare. (Fig. 2-1, 2-3)

Type 2—cubo-pentagonal, a(100) and e(210) are equally developed. (Fig. 2-5)

Type 3—pentagonal-dodecahedral, large e(210) and small a(100). (Fig. 2-6)

Sifting crystals into five groups from 16 to 150 mesh, and numbering the frequency of appearence of each habit for each mesh and finding its percentage, we obtain Table 2 and Fig. 3. They show that Type 1 decreases as the size gets larger and Type 3 vice versa, and Type 2 is midway between them. That is, crystal habits of pyrite change from cubic to pentagonal-dodecahedral as the size gets larger.

Example 2

In yellowish white clay, with no other ore minerals.

Type 1—cubic, dominant a(100) with small e(210), o(111) faces. (Fig. 2-1, 2-2)

* 地質部

地質調査所月報第2巻第3号　昭和26年

Type 2—cubo-octahedral, a(100) and o(111) are equally developed. (Fig. 2-10)

Type 3—octahedral, o(111) dominant, and always with middle a(100) and small e(210), (650), d(110) faces. (Fig. 2-11, 2-12)

We obtain Table 3 and Fig. 4. In this case, habit variation is from cubic to octahedral.

These changes are also recognized in other cases here, and their general trend is cubic —octahedral—pentagonal—dodecahedral, as the size gets larger. So far as I studied, these changes and trend are also observed on pyrite from Hanaoka and some other mines, and seem more remarkable in the case of replacement deposits or impregnated pyrite than that of vein type deposits. This fact means that crystal changes its habits as it grows larger, or as time of growth gets longer. But it is not uncertain whether it is due to the property of crystals themselves or to the change of enviroment such as lowering of temperature or pressure.

6.) Crystal habits of pyrite seem to vary with the differences of mother clay. Habit variations in size which arranged to each sort of clay are shown in Table 4. Habits are illustrated according to their grades of frequency as below, and predominant cases are shown in capital letters, inferior cases are in small letters and in nearly equal cases they are written with capitals in a row.

pentagonal-dodecahedral—P cubic—C octahedral—O

From Table 4 we take a notice of some remarkable relation between habit and clay as follows:

1. Pyrite in brown clay is almost always cubic, and shows no remarkable change from 14 to 150 mesh.
2. Pentagonal-dodecahedral habit is predominant in green clay and only under 100 or 150 mesh it becomes cubic.
3. Octahedral habit is richer in yellowish white clay than the case of brown and green clay. But in this case, no definite trend is found as to pentagonal-dodecahedral and cubic habit.

On the other hand, the following differences as to the sort of clay are observed:

1. Size of pyrite crystal is small in brown clay, large in green clay, and medium in yellowish white clay.
2. The amount of pyrite is rare in brown and yellowish white clay, and much in green clay.
3. Percentage of gypsum is higher in green than in brown clay, and richest in yellowish white clay.
4. Fibrous gypsum is much in brown clay, alabaster is in green clay.
5. Balls of alabaster are generally large in green clay and small in brown clay.

I think that these differences are due to the sorts of original rock; that is to the amount and the state of existence of each elements in original rocks, and to physical and chemical properties of original rocks themselves. In the concrete, the origin of brown clay is black shale, the one of green clay is green tuff, and the one of yellowish white clay is calcarious patch. Therefor, the differences of width and trend of habit change in sizes of crystal seem due to the differences of original rock. In other words, it will be possible to say that the property of original rock is one of the causes of habit variation.

7.) The horizontal and vertical variation of crystal habit of pyrite in Bessho deposit is illustrated in Fig. 5. Generally, it is cubic in SW part, pentagonal-dodecahedral in NW, and octahedral in the central small part. This trend is roughly coincide with distributions of each clay, but locally it is not. But I think that this local unconcurrence is not due to the differences of grade of mineralization, but to the properties of original rocks.

8.) In conclusion, I think that grades of crystal growth and differences of original rock are the fundamental factors which cause the variation of crystal habit of pyrite in Bessho deposit. Of course, these two do not act separately, but interact in crystalization process at the same time.

November 1950

要　　約

鉱床中に於ける鉱物の晶相変化に関する研究の一環として鰯淵鉱山別所坑の黄鉄鉱について，観察と統計を行つた。塊状交代鉱床中の黄鉄鉱については二番目の研究である。

主として結晶形態の記載，結晶の大きさによる晶相変化，粘土の種類による晶相変化，鉱床内に於ける垂直的・水平的な晶相の変化について観察・統計し，一方鉱床中に於ける粘土・石膏・黄鉄鉱等のあり方・分布状態等の地質学的な観察から別所坑の成因について考察した。これら両者の観察から，黄鉄鉱晶相変化の要因に関する考察を行つた。

結論として，黄鉄鉱は結晶の生長にともなつて晶相が変化し，その変化の系列，幅等は根本的には母岩の差異に基因するものと思う。しかしそれらの変化がよつて来る物理的・化学的あるいは地質学的な機構については，未だ明らかでなく今後の研究課題である。

1. 序　　言

鉱物の結晶の晶相の変化と，産出状態又は結晶の晶出した環境の相違との間の関聯を明らかにして，晶相変化の経路を探り，更にその知識を鉱床探査の一つの手段として用いようというのがこの研究の目的で，その一つとして，島根県簸川郡鰐淵村昭和鉱業鰐淵鉱山別所坑の石膏鉱体中に産する黄鉄鉱の晶相変化について調査した。

塊状鉱床中に産する黄鉄鉱の晶相変化については，既に秋田県花岡鉱山の場合について調査報告した[1]。花岡鉱山の研究に於て得られた主な結論は次の様である。

（i）　晶相は結晶粒の大きさによつて変化し，結晶粒が大きくなるに従つて出現率の増加する順序は大体，五角十二面体――八面体――六面体の順であることを知つた。

（ii）　晶相が母岩，あるいは母鉱石の種類によつて相違していることに気がついた。

（iii）　鉱床群の相違によつて晶相の組み合わせ，それぞれの出現の割合が異つていることを認めた。

（iv）　天然蝕像と面の種類，随伴鉱物の種類と晶相の変化，面の性質と産状との関係などについてもいくらかの観察を行い，相関関係を知つた。

塊状の交代鉱床中の黄鉄鉱については，既に花岡鉱山のものについて行つたが，今回の研究の方法もほゞ花岡鉱山の場合と同様である。

この調査に当つて種々御便宜を頂いた鰐淵鉱山職員諸氏，特に今川利郎氏に深謝する。又測角に用いたゴールドシュミット A 型複円測角器は，秋田大学鉱山学部の好意によつて，特に当所に借し出されたものである。記して同学の厚意に深謝する。

2. 鉱床周辺の一般地質及び鉱床略説

鰐淵鉱山は島根県簸川郡鰐淵村にあり，昭和鉱業株式会社が経営している。一畑電鉄雲州平田駅から約 10km，鉱山事務所は同村金平にあり，ここには以前に黒鉱を採掘した鉱床がある。

鉱床附近は，第三紀の黒色頁岩・緑色凝灰岩・褐色頁岩がほゞ N 50°～60°W の走向をもち，NE 20～30° の傾斜をもつて累層して発達し，これらを貫いて噴出した安山岩及び流紋岩が分布している。この安山岩周辺の黒色頁岩及び緑色凝灰岩中に，これを交代して数個の石膏鉱床と黒鉱鉱床とが存在している。石膏鉱床で現在稼行されているものは，鰐淵鉱山別所坑及び唐川，後野に存在する 2 鉱床で，同村金山には黒鉱鉱床が存在している。これらは鵜鷺村鵜峠鉱山とを結ぶ，ほゞ NNW の方向に沿つて分布している。

別所坑は黒色頁岩と緑色凝灰岩との境界部を交代してつくられたと考えられる石膏鉱床で，粘土化した母岩中に，玉状の雪花石膏，ロース状に発達している繊維石膏が主として発達しており，平均 35% 程度である。鉱体の形は長さ約 240 m，深さ 60 m，幅 50 m の NEE に長い莢状で，本坑で最もよく採掘され，下一・上一中・上一の計 4 本の坑道が掘られている。

粘土は肉眼的には褐色・緑色・黄白色の 3 種にわけられ，第 5 図の様な分布をしており，後に詳述する様に，黄鉄鉱の晶相変化と深い関係をもつている。黄鉄鉱の結晶は，主にこれらの粘土中に鉱染状に存在しているのである。通称玉石膏と云われている塊状の雪花石膏，及びロース状に発達している繊維石膏も，これら粘土中に埋つて産し，二次的生成物と考えられる板石膏（縦断繊維石膏）は，鉱体周辺の母岩との境界部に最もよく発達している。又玉石膏の初源的な形と考えられる紡錘状の 0.5～1.0 cm 大の石膏の小塊も屢々見られ，これはほゞ一定方向に沿つて配列しており，母岩の層理を示しているのではないかと考えられる。雪花石膏中に黄鉄鉱が晶出している場合にも，ほゞこれと同じ方向の配列を示しているのは後述の通りである。

この鉱床は，すぐ近くに黒鉱鉱床が存在しており，それと成因的に関聯のある交代鉱床と考えることが出来るが，その生成過程については今回の様な短時日の現地調査では，詳細に論ずることは出来ない。しかし，筆者は基本的な形として次の様なことを考えており，この考えが後述のいくつかの記述・議論・考察の基礎をなす考えである。[2] 即ち後火山活動の結果由来された鉱化剤――これは H_2S, S, H_2O 等のガスの形で与えられたものと考えている。黄鉄鉱中の Fe はこれと一緒にもたらされたものではないと思う。――によつて交代作用を受けた結果，先ず母岩中の Ca がそれと結びついて石膏をつくり，他方遊離した Al_2O_3, MgO, K_2O, SiO_2 等は粘土をつくり，又母岩中の Fe は黄鉄鉱として晶出する。このよう

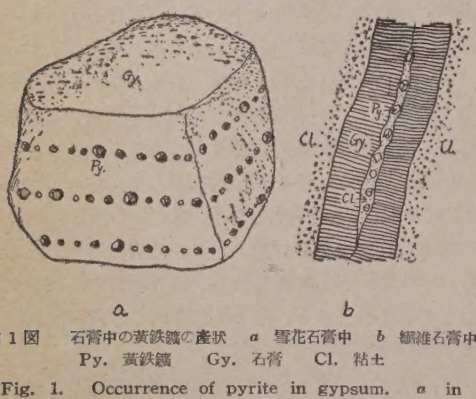
にしてつくられるもの〻種類，量は，この場合には母岩の種類に応じて，換言すれば母岩中の諸元素のあり方，量及び母岩自身の物理的性質等に応じて異つた形をとる。例えば，石膏の種類・品位・粘土の種類の相違，更に黄鉄鉱の量及び本研究の対称であるその晶相の変化などは，いずれも根本的には母岩の相違に帰因するものであると考えている。

1) 地質学会総会講演，要旨，地質誌 Vol. 54 No. 636 p 117.
2) この報告書の中で述べてある鉱床の成因についての考え方，特に黄鉄鉱の Fe を原岩中の Fe に求める考え方は，既に小出博が最近の論文 "脈について" 地質雑 Vol. 56 No. 658 p 351. 1950. で議論し提示している。筆者の考えの根本はその論文に負つているものであることを明記しておく。

3. 別所坑産の黄鉄鉱の結晶

黄鉄鉱は，鉱体内に一般的にかなり広く分布している。結晶は 16 乃至 32 mesh 以下のものが普通で，それ以上の大きさのものは稀であり，何れも完全な結晶である。

殆んど全てが粘土中に鉱染状に存在しており，石膏の中には極く稀にしか見られない。雪花石膏中に存在する場合には普通，第 1 図 *a* の様に一定方向に配列し，結



第 1 図　石膏中の黄鉄鑛の産状　*a* 雪花石膏中　*b* 纖維石膏中
Py. 黄鉄鑛　Gy. 石膏　Cl. 粘土

Fig. 1. Occurrence of pyrite in gypsum. *a* in alabaster. *b* in fibrous gypsum Py. Pyrite Gy. gypsum. Cl. Clay.

晶は大きく，五角十二面体型であることが多い。この定方向的な配列は，前述した玉石膏への初源的な形と考えられる紡錘状石膏の小塊の配列と近似している。纖維石膏中に黄鉄鉱が存在する場合は第 1 図 *b* の様に，纖維脈の中心線にそつて，粘土と一緒に存在していることが普通である。粘土中に結晶しているものは，多くは散点的に存在しており，稀には微細な結晶が部分的に密集していることもある。

晶相は六面体及び五角十二面体が一番多く見られ，八面体のものは少ない。

測角に適する結晶 6 個を選んで，複円測角した結果認められた主要面は次の様である。(測角した結晶の内訳は，六面体のもの 2 個，五角十二面体のもの 2 個，八面体のもの 1 個，*a*(100) と *o*(111) とが等大に発達しているもの 1 個で，何れも径 2 mm 程度のものである)。

a(100)，*e*(210)，δ(430)，λ(11.9.0) *ν*(650)，*σ*(790)，*d*(110)，*o*(111)，*n*(211)，

この他，微斜面として次のものが認められた。

r(740)，(970)，D(540)，*π*(870)，(10.9.0)，Λ(11.10.0)

面の反射は何れも良好である。

{*hko*} 面の属する晶帯は，微斜面の発達が著しく，これらのうち良好な反射を示す面だけを選んで指数を決定すると上の様になる。これらの面の測角データを第 1 表に，別所坑に見られる代表的な黄鉄鉱の結晶図を第 2 図に一括して示した。

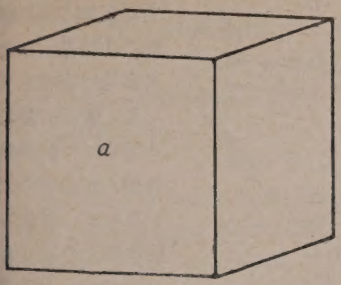
第 1 表　別所坑産黄鉄鉱測角表

Table 1　Angular table for Pyrite from Bessho-ko, Wanibuti Mine

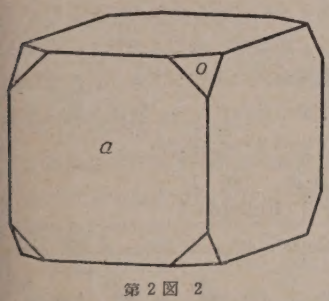
Index	ρ		φ		Rem.	Size	n
	meas.	calc.	meas.	calc.	*e*		
a(100)	90°00′	90°00′	90°00′	90°00′	A	L	31
e(210)	〃	〃	63°25′	63°26′	A	L	46
(430)	〃	〃	53°00′	53°08′	B	S	11
(11.9.0)	〃	〃	50°44′	50°43′	A	M	6
(650)	〃	〃	50°13′	50°12′	B	S	17
(760)	〃	〃	49°27′	49°24′	A	S	11
d(110)	〃	〃	44°55′	45°00′	B	M	24
(740)	〃	〃	60°34′	60°16′	B	VS	1
(970)	〃	〃	52°31′	52°08′	B	〃	2
(540)	〃	〃	51°34′	51°21′	A	S	3
(870)	〃	〃	48°57′	48°49′	B	〃	2
(10.9.0)	〃	〃	48°03′	48°01′	B	M	2
(11.10.0)	〃	〃	44°48′	44°44′	B	S	2
o(111)	54°44′	54°44′	45°00′	45°00′	A	L	8

結晶自身について興味深い点は，五角十二面体晶相のものについてである。この形の晶相は，普通——殊に鉱脈型鉱床中に晶出したものでは —— *e*(210) 一種だけで五角十二面体面 {*hko*} を形成しているのであるが，別所坑に見られる五角十二面体晶相の {*hko*} 面は *e*(210) の他に *ν*(430)，*ν*(650)，*d*(110)，*σ*(760)，λ(11.9.0) 等の諸面で形成されており，普通には *e*(210) を主として，その他に *ν*(650) を必ずもち，更に上記諸面のうち何れか一つをともない，2 乃至 3 段階に分れている。こうした

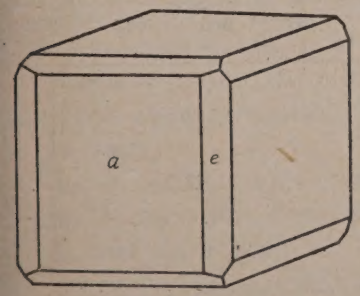
面の構成は花岡鉱山産の黄鉄鉱の場合も同様であつた。筆者の調べた範囲内では，鉱脈型の鉱床に産する結晶には，この様な面の構成を示すものを認められないが，塊状の交代鉱床中のものについては多くの例を知つている。したがつて，この構成型はあるいは塊状の交代鉱床に特有のものではないかとの疑問をもつている。五角十二面体晶相の結晶は，一般に比較的大型で，上の様な構成の五角十二面体面の他に，n(211), o(111)等の小面をともなつており，時にn(211)が中位に発達することがある。六面体晶相のものは結晶小で，a(100)には條線が走つており，八面体式のものはo(111)を主とし，この他にa(100), d(110), e(210), ν(650)等の小面を必ずともない，又時にn(211)をもつこともあり，これらの面がo(111)の稜を欠いて発達している。勿論これら3つの晶相は，互に独立した別個のものではなく，相互に漸移的な移り変りの関係にあるもので，従つてこれらの中間型に属するものも存在することは云うまでもない。



第2図 1



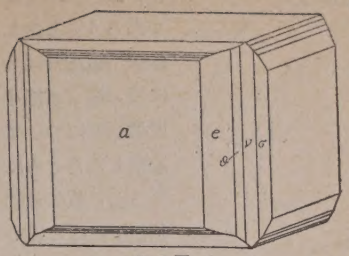
第2図 2



第2図 3

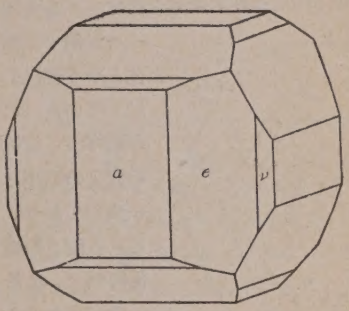
4. 結晶の大きさによる晶相の変化

花岡鉱山産の黄鉄鉱晶相変化について行つた研究の際認められた結晶の大きさと晶相変化との関係が，別所坑の黄鉄鉱の晶相についても同じ様に認められる。即ち花岡鉱山に於て，同一個所に鉱染状に晶出している黄鉄鉱の結晶を，8mesh から 150mesh 迄の間に4乃至7段階に分級して，各mesh 毎に晶相別の出現率を統計して，結晶の大きさによる晶相変化の関係を調べて見ると，結晶は粒の大きさによつてその晶相が変化し，粒が大きくなるに従つて，出現率が増加する強さは五角十二面体一八面体一六面体の順であることがわかつた。



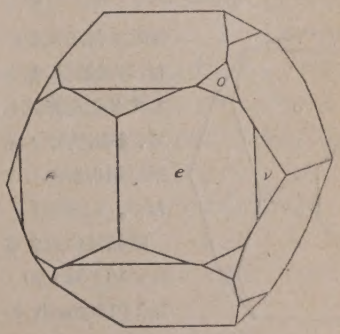
第2図 4

例えば，同一標本で結晶粒が小さい方が六面体の出現率が圧倒的に多いが，粒が大きくなる程六面体は少くなり，五角十二面体の出現率が高くなる。



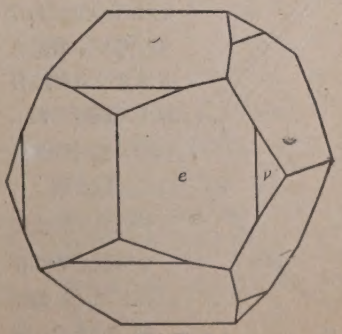
第2図 5

別所坑に於ても，大体これと同様な傾向が見られるが，花岡鉱山の場合程その変化がはつきり見られず，一晶相内の二次的優位面が，上の様な順序に従つてその大きさを変化させている様な場合が多い。しかしその変化の順序は花岡鉱山の場合と同様にはつきり認められる。

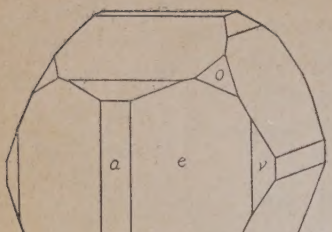


第2図 6

こうした変化は，筆者の観察した範囲内では，花岡鉱山や別所坑の様な所謂塊状の交代鉱床中に，あるいは凝灰岩・変朽安山岩等に鉱染状に晶出している様な黄鉄鉱の結晶について特に明瞭に見られ，しかもその順序は花岡鉱山の場合と殆んど同じである。これに反して，鉱脈型鉱床に産する黄鉄鉱については，この変化はあまりはつきり認められない。この差はおそらく，晶出機巧

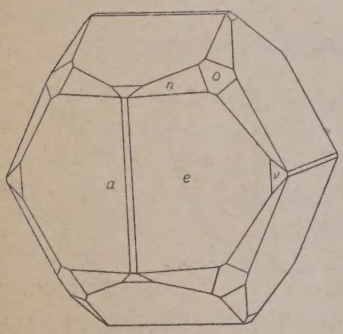


第2図 7



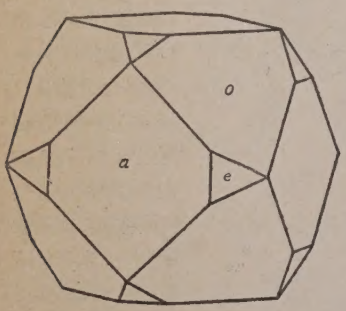
2図 8

の相違によるものであろう。しかし鉱脈型鉱床の場合には，筆者が尾小屋鉱床群について観察したところによると，黄鉄鉱の晶相が鉱床の深さによつて垂直的に変化しており，しかもその変化の順序は，下部帯準から上部にかけて大略六面体——八面体——五角十二面体という変化を示していた。この順序は，前述の変化の順序と一致しており，これら両者の変化関係に，ある一致が存在することは興味深いことである。



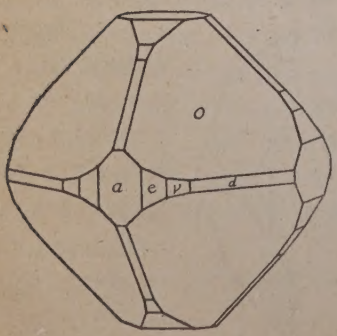
第 2 図 9

別所坑に産する黄鉄鉱の，結晶粒の大きさによる晶相変化を知るために行つた統計の例として2例を記述して，統計方法・結果を明らかにしておく。



第2 図 10

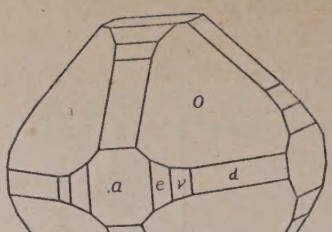
結晶粒の大きさは，16・32・60・100・150mesh の5段階に分級した。晶相は，互に漸移的にうつりかわつているが，各例とも大きく3種に分類して統計した。



第 2 図 11

例 1. 別所坑上一坑中段

黄白色の粘土の中に散点的に存在している黄鉄鉱の結晶で，黄鉄鉱の他に雪花石膏の小球，及び閃亜鉛鉱・黄銅鉱・方鉛鉱等の黒鉱鉱物の小結晶がかなり多量に存在している。雪花石膏の小球中には黄鉄鉱は殆んど晶出していないが，黒鉱々物は粘土中よりもむしろこの中の方に多い。



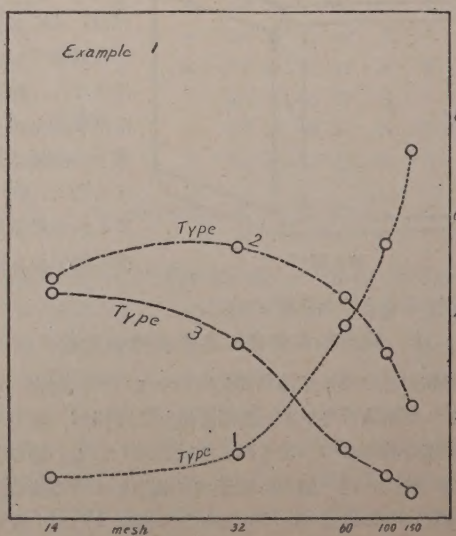
第 2 図 12

標本を破砕，水洗して黄鉄鉱分のみを摘出し，5 段階に分級して各 mese 毎に晶相別の出現率をとると第2表の様になる。この結果を，縦軸に百分率・横軸に mesh をとつたグラフ上に投影し晶相毎に間をむすぶと第3図が得られる。黄鉄鉱の晶相は五角十二面体と六面体とで，その間漸移的に変化しており，八面体結晶及び $o(111)$ 面は全く見られない。便宜上晶相を主要面の相違によつて次の3つに分けた。

第 2 表　例 1

Table 2　Example 1

HABIT	16mesh	32mesh	60mesh	100mesh	150mesh
	%	%	%	%	%
Type 1	19′ 8	42′12	214′38	343′59	199′73
Type 2	115′47•5	189′53•5	247′43•5	190′32•5	59′22
Type 3	107′44•5	123′34•5	104′18•5	49′ 8•5	14′ 5
total	241	354	565	582	272



第 3 図　結晶の大きさによる晶相の変化　例1

Fig. 3　Change of crystal habit in size of crystals. Example

Type 1. $a(100)$ を主とする六面体型で $e(210)$ の小面をともなうこともある。

(第 2—1 図, 2—3 図)

Type 2. $a(100)$, $e(210)$ がほゞ等大に発達し, Type I と Type 3 との中間型に当るもの。

(第 2—5 図)

Type 3. $e(210)$ を主面とする五角十二面体型結晶で, $a(210)$ をともなう。

(第 2—6 図)

第3図に明らかな様に, 六面体型の Type I は結晶が大きくなるに従つて出現率が急激に減少し, 五角十二面体型の Type 3 は逆に増加し, 中間型の Type 2 は丁度両方の中間の傾向を示している。

即ち結晶粒が小さい場合には, 結晶の殆んど大部分が六面体 Type 1 であるが, 結晶が大きくなるにつれて $e(210)$ が発達し, 遂に五角十二面体型である Type 3 の出現率が六面体の Type 1 よりもはるかに高くなる。この様に同一標本内で結晶の大きさに従つて, 晶相が明らかに変化している。

例 2, 別所坑下一番坑

黄白色の粘土中に多量に鉱染状に晶出している黄鉄鉱。雪花石膏もあるがこの中には黄鉄鉱は見られない。又黒鉱鉱物は全く存在していない。

結晶は六面体と八面体とがあり, その間は漸移的に変化している。$e(210)$ 面もともなつているか, これはあまり大きく発達していない。便宜上, 晶相を次の3型に大別して統計した。

Type 1. $a(100)$ を主とし, $e(210)$, $o(111)$ の小面をともなう六面体型。(第2—1, 2—2図)

Type 2. $a(210)$ $o(111)$ がほぼ等大に発達しているもので, $e(210)$ が中位に発達していることもある。(第2—10図)

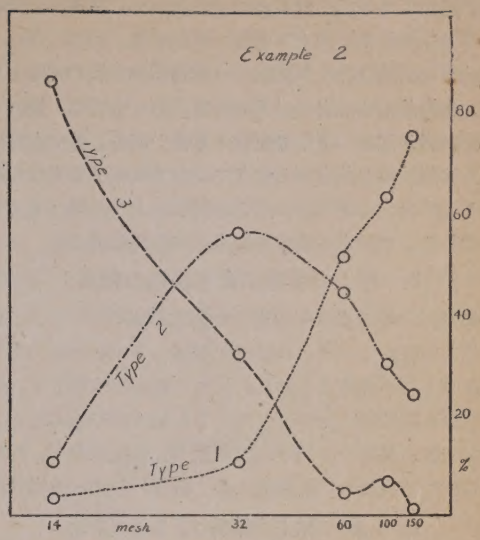
Type 3. $o(111)$ を主とする八面体で, $a(100)$ の中位面, $e(210)$, $r(650)$, $d(110)$ 等の小面をともなつている。(第2—11, 2—12図)

例1の場合と同様に取扱つて第3表及び第4図を得る。この場合は, 結晶粒が大きくなるに従つて出現率の増加

第 3 表　例 2

Table 3　Example 2

Habit	16mesh	32mesh	60mesh	100mesh	150mesh
	%	%	%	%	%
Type 1	9′ 3·5	62′12	328′51	379′63	225′75
Type 2	28′10·5	292′56	286′44·5	182′30	72′24
Type 3	227′86	169′32	28′ 4·5	41′ 7	2′ 1
total	264	523	642	602	299



第 4 図　結晶の大きさによる晶相の変化　例 2

Fig. 4　Chang of crystal habit in size of crystals. Example 2

する晶相は Type 3 の八面体で, Type 1 の六面体はこれと全く逆の関係を示しており, 中間型の Type 2 は両者のほゞ中間的な傾向を示している。

以上の2例は, 大きさによる晶相変化が比較的明瞭に見られる例で, 別所坑の黄鉄鉱が全部これ程はつきりと変化しているものとは限らない。六面体から五角十二面体に, あるいは六面体から八面体にという様な変化が生じる大きさの幅が, 上の2例の様に狭くなく, 150 mesh から 16 mesh 迄の間に殆んど明らかな晶相変化を示さない様な変化の幅の広いものもある。しかしこの場合でも, 二次的優位面の程度での変化は常に見られるのである。

晶相が結晶の大きさによつてほゞ連続的に且つ一定の系列に従つて変化するこの事実は, 結晶の生長にともなつて晶相が変化するということを意味している。即ち生長の時間, あるいは鉱化* の程度によつて晶相変化が起ると考えられる。

即ち, ある小範囲の場所で, 一定の母岩が上述の様な鉱化を受けて黄鉄鉱が晶出した場合, 一つの結晶について云えば, Fe と S とが結びついてゆくに従つて (鉱化が進むにつれて) その晶相が, ほゞ一定の系列に従つて変つてゆくということである。例えば, ある場合には, 生長の最初の段階では六面体を示すが, 生長が進むに従つて $e(210)$ 面が発達し, 遂には五角十二面体の晶相とな

* 鉱化の程度と云う言葉は, 漠然として正確でないが, ここで意味しているものは, 母岩中の Fe と既述の様な鉱化剤とが結びついて, 黄鉄鉱をつくつてゆく場合に, それらが結合する化学的な力, 相互の働き合う量, 時間等の程度を総括して表現したもののことである。

り，又ある場合には六面体から八面体へ，又は六面体から八面体を径て五角十二面体へ変化する。

一方，既述の様な黄鉄鉱の生成過程の当然の帰結として，その晶相は母岩中の Fe の量，あり方等に，換言すれば原岩の種類によつて変化する筈である。更に正確に云えば黄鉄鉱の晶相が大きさによつて変化する変化の幅，あるいは変化の系列は，原岩の種類によつて異つてくる筈である。この点に関する観察は次に詳述する。

5. 粘土の種類による晶相の相違

鉱体内の各地点から採集した標本22個について，上述の様な方法によつて，5段階に分級し各 mesh 毎にどの晶相のものが最もよくあらわれているかを観察して，その結果を産状別に分けて一括すると第4表の様になる。本表では，晶相を五角十二面体型 P，六面体型 C，八面体型 O に三大別し，圧倒的に多くあらわれている場合に

第 4 表　粘土の種類による晶相変化

Table 4　Habit variations according to the sort of mother clay

Sample no.	14	28	60	100	150	clay
24071606	…	…	C	C	C	brown clay
24071504	C	C	C	C	C	
24071604	…	Cpo	Cpo	Cpo	Co	
24071505	C	C	C	C	C	
24071605	C	C	C	C	C	
24071506	C	C	C	C	C	
24071501	Pc	PC	Cp	Cp	C	green clay
24071701	…	P	P	P	Cp	
24071609	P	P	Pc	Pc	PCo	
24071608	…	P	P	P	Cp	
24071704	PC	PC	PC	Cp	C	
24071502	…	P	Pc	Pc	PC	
24071610	Pc	CP	Cp	C	Co	
24071702	P	Pc	C	C	C	
24071503	P	P	P	Pco	PC	
24071612	P	Pc	Pc	Co	Co	yellowish white clay
24071613	PC	PC	Cpo	Cpo	Cp	
24071508	Oc	Oc	Oc	Oc	Co	
24071703	CP	Cp	Cp	CP	C	
24071507	Oc	Oc	Co	C	C	
Z—2	COp	COp	COp	COp	CO	gypsum
Z—2	Pc	Pco	PCo	CPo	C	

はそれぞれの大文字で，2乃至3種の晶相がほゞ等量づつあらわれている場合はそれぞれの大文字を併記し，少量のものはそれぞれの小文字をもつてあらわした。この場合の統計の方法は，4. で行つた様な定量的なものではなく，定性的に，綜合的な観察からその mesh にあらわれる各晶相の大略の出現率の傾向を把握する様な観察の仕方に従つた。例えば，a(100) のみの単形のものと e(210) のみの単形のものだけがあらわれている様な場合には，簡単に大体の両者の出現する割合を観察して Pc，Cp，あるいは PC の様にあらわす。第2—5図の様な両方の聚形で且つ中間型の様なものが存在する場合，あるいは2次的優位面としてあらわれている様な場合には，その mesh にあらわれる結晶全体をそれぞれの単形に還元してみて，その場合の割合を判断して表現する。偶発的に且つ小面としてあらわれる様な場合には，その面は考慮外においてよい。

既述の様に，別所坑は黒色頁岩と緑色凝灰岩とを交代してつくられた竿状の石膏鉱床と考えられ，その石膏分は母岩中の Ca に由来し，Mg，Al 等は粘土として石膏の周囲に生じ，Fe は黄鉄鉱として晶出したものと考えている。従つて黄鉄鉱は，石膏中に晶出することが稀で，専ら粘土中に散点的に完全な結晶として晶出している。稀には繊維石膏の中心線に沿つて晶出することもあるが，この場合も粘土と一緒にはさまれている。又粘土は肉眼的には大体3種類にわけることが出来る。即ち，褐色の脂感の少ないもの，灰緑色の比較的脂感のあるもの，黄白色で甚だしく脂感が強く～見玉石膏の見まちがえられるものの3種である。

褐色粘土は鉱体周辺，特に鉱体の SW 方向に広く分布し，黄鉄鉱の晶出は稀で結晶は小さい。又石膏も少なく，且つ主に繊維石膏で，玉石膏も存在するが大塊としては発達していず，一定方向に配列している紡錘状の小塊が多い。灰緑色粘土は主に鉱体の NE 部に広く分布しており，黄鉄鉱の晶出多く，結晶も大である。この中の石膏は玉石膏が主で，その塊も前者に比べて大きい。繊維石膏は前者の場合よりも少なく，石膏全体としての品位もはるかに高い。黄白色粘土は鉱体中心部に小範囲に見られ，石膏はこの部で最も品位が高く且つ玉石膏が主である。黄鉄鉱の晶出は少ないが，結晶粒は大である。

こうした粘土の種類の相違，及びこれにともなつての黄鉄鉱の量・大きさ・石膏の種類・品位の相違が生ずる原因について，筆者は原岩の種類の相違を考えている。即ち主に原岩中にふくまれている諸元素の量・あり方の相違，更に原岩自身の物理的，化学的な諸性質の相違に起因するものと考えている。具体的に云えば，褐色粘土は黒色頁岩に，灰緑色粘土は凝灰岩に，黄白色粘土はそれらの間にはさまれた石灰質に富んだパッチに由来するものである。そしてこのことは以下に述べる黄鉄鉱の晶相にも深い関聯が認められるのである。

さて先に述べた方法で統計した結果を，これら3種の粘土及び玉石膏にわけて一括してみると第4表の様になる。この際，繊維石膏の中心線に沿つて粘土と共に晶出している黄鉄鉱は，晶出の場所が違に異つているだけで，実質的には周囲の粘土と殆んど差がないと考えて取扱つた。第4表を眺めて著しく感じられることは次の様な3点である。

（1） 褐色粘土中のものは結晶が大きくなる迄殆んど六面体だけしかあらわれない。即ち14～150meshの間，2次的優位面の変化は見られるが，著しい晶相変化を認めることは出来ない。

（2） 灰緑色粘土中のものは，五角十二面体のものが甚だ多く，100～150 mesh以下にならないと六面体の方が多くならない。

（3） 黄白色粘土中及び石膏中のものは，他に比べて八面体がかなり多くみられる点が特徴的で，六面体，五角十二面体については特に一定の傾向は見られない。

この様に，黄鉄鉱の晶相は，変化の幅，系列等が粘土の種類によつて異つている。

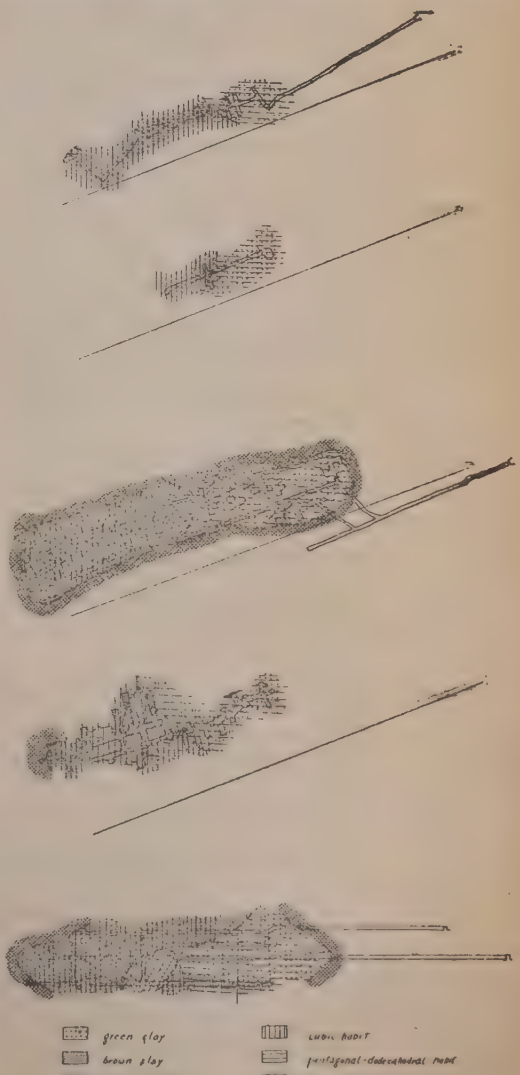
既述の様に，粘土の種類は原岩の差に基因するものと考えることが出来る。従つて黄鉄鉱の晶相の種類・変化の幅・傾向等の差も原岩の種類の相違に因るものと考えられる。即ち原岩中のFeのあり方，量等の相違あるいは原岩の物理的，化学的状態の相違は原岩中のFeが鉱化ガスと結合して黄鉄鉱をつくる場合に，FeS_2の分子の結合の仕方・結合力・生長速度等に差を生じ，その結果，晶相が大きさによつて変化する幅・系列，あるいは晶相の種類に差を生ずるものと考えられる。簡単に云えば，原岩の種類は黄鉄鉱の晶相変化を生ずる一因と考えることが出来よう。

6. 鉱床内に於ける晶相変化

黄鉄鉱の晶相が鉱床内で水平的・垂直的にどの様に変化しているかを知るために，晶相は結晶の大きさによつて変化するから，一応28 meshを基準としたものの晶相の種類を，上と同じ方法で各地点毎に記入し，各晶相の限界線を引いてみると，第5図の様になる。第5図はレベル毎の水平的変化を示し，粘土の種類も同時に示してある。垂直的な変化も第5図中に示されている。

第5図からわかる様に，鉱体内に於ける晶相の分布は，大体粘土の種類の分布と一致しているが，必ずしも厳密には一致していない。下一番坑で，灰緑色粘土との境界部に近い褐色粘土中の黄鉄鉱が，五角十二面体を示しているのなどはこの例外の一つである。

晶相の変化は水平的に見ると大体次の様に変化している。鉱体のSW部では殆んど常に六面体結晶だけで，NE部に至るにつれて，漸次五角十二面体の要素が加わり，遂には殆んど五角十二面体だけとなる。これらの中間，鉱体のほぼ中心部の小範囲には，八面体の要素が加わつている。こうした水平的変化は，結晶の大きさによる晶相変化の系列と大体一致しているので，一見普通云はれている意味での鉱化の程度に原因する様にも考えられる。しかし，粘土の分布との大略の一致，5.で述べた様な，黄鉄鉱の結晶の大きさが粘土の種類によつて異り，又大きさの分布はSWの方向で小さく，NEの方向で大きいという事実との一致などを考えてみると，むしろ粘



第5図 別所坑鉱体中に於ける粘土及び黄鉄鉱の晶相別の分布図
上から，上一番坑，上一番坑中段，本坑，下一番坑，各平面図及び縦合断面図

Fig. 5 Distribution of clays and crystal habits of pyrite in Bessho ore body.

種類，即ち原岩の相違という要因の方がより根本的なものであると考えられる。換言すれば，原岩中の Fe のあり方・量・原岩自身の物理的・化学的性質等の差が，黄鉄鉱を晶出させる力，晶出過程・晶出機巧等の差をもたらし，その結果晶相の分布，結晶の大きさの分布等に上の様な関係を生じたのであると考えられるのである。そしてその結果が，上の様に一見鉱化の程度の差を考えさせる様な現象となつたのであると思われる。粘土の分布と晶相の分布との部分的な不一致も，むしろ原岩の上の様な諸性質の部分的な差と考えた方がよく思われる。勿論鉱化剤の供給量が全般的に完全に均等であつたとは考えていない。部分的な不均等は当然考えられることであるが，しかしそれにしてもより根本的な要因は，原岩の相違にあるのでわないかと考えている。

7. 別所坑に於ける黄鉄鉱晶相変化の原因に関する議論

以上に観察し考察して来たことを要約すると次の2点になる。

（1） 結晶の大きさによる晶相の連続的な変化から，晶相が，結晶の生長にともなつて，即ち一つの結晶個体について云えば鉱化剤と原岩中の Fe が結合して黄鉄鉱を生長させてゆく程度につれて変化するということが考えられる。

（2） 粘土の種類による晶相の相違，鉱床中に於ける晶相の分布等の観察から，晶相が大きさによつて変化する系列，幅等が粘土の種類によつて相違することに着目した。そして他の観察から，粘土の相違は原岩の相違に帰因するものであると考えるので，黄鉄鉱の晶相の変化の幅，系列等の相違は根本的には原岩の相違に帰因するものである。

こゝで注意しなければならないことは，前者は一つの結晶に関しての変化であり，後者は結晶全体，あるいは結晶群に関しての変化である点である。又前者が晶相自身にいつての問題であり，後者は晶相変化の系列，幅についての相違である点である。

この区別は，晶相変化の原因を考えてゆく場合，殊に塊状の交代鉱床中のもの，あるいは従来鉱染と云う言葉で呼ばれている様な産状を示すものについて考えてゆく場合，特に注意してゆかねばならないことである。換言すれば，現実にある晶相は(このことは結晶自身についても云えることであるが)，その背後に生い育つて来た歴史をもつていること，即ち変化あるいは発展をもつていることに注目しなければならない。それ故に晶相の研究は現実にある晶相だけを問題とするのでなく，その歴史の相違を問題としてゆく必要があると考える。

さてこの研究に於て筆者は，大きさによる晶相変化を解析し，その結果から晶相が結晶の生長とともに変ると考え，次にその変化の系列，幅等を基準として，それらが異つた産状の下に異つた様子をもつことを知り，そこからその変化が根本的には原岩の相違に帰因していると考えた。勿論現実にある晶相は上の二つの重合の結果であることは云うまでもない。ところで，これら2つは何が一番問題であるかという輪かくを漠然とは示してくれるが，これだけでは決して晶相変化の原因を指示するものとは云えない。第1の原因は，結晶自身の性質とも考えられようし，又この様な現象が温度圧力の低下の様な環境の変化に帰因するかも知れない。第2の問題については，それならば一体如何なる機構で如何なる晶相が生れるのかが問題となろう。定性的には，凝灰岩の様な比較的黄鉄鉱が生長し易い環境下では，六面体一五角十二面体の変化の幅が狭く，頁岩の様なもののなかではそれが広いということは云えよう。しかしそれだけでは問題は解決しない。

これらの晶相変化の原因或は機構をよりはつきりさせるための，物理的・化学的な考察，又地質学的な観察は今後の問題としておきたいと思う。 (1950,10)

553.574: 550.8 (521.731.75): 622.1

丹波地域の炉材珪石鉱床調査報文（総説）

岩生周一* 安斎俊男* 岡野武雄*

Résumé

Brick Silica-stone Deposits in Tanba District, Kyōto and Hyogo Prefectures.

by

Shūichi Iwao, Toshio Ansai & Takeo Okano

In Japan, the so-called "Akashiro" silica-stone—an ore which is very particular in appearance, composed of red or green cherty breccia filled up by white vein quartz, very hard and beautiful—has been employed in ceramic industries.

Very many localities of the deposit are known in Japan, among which Tanba district herein reported is the most famous and

* 鉱床部

地質調査所月報第2巻第3号 昭和26年

productive.

About 260 lenticular or massive small deposits are scattered through the area, among which about 170 are active, with 38 worked by underground operations and about 140,000 metric tons of annual production.

Total sum of the ore reserve in this district is calculated as about 460,000 metric tons or more, while the total sum of the exploited ore in the past 40 years is estimated at about 850,000 metric tons.

Some different opinions about the ore genesis are possible, but the present writers come to the belief that the deposit is a kind of shatter or crackle breccia filling deposit formed in the Palaeozoic chert, comprising some processes such as silicification, matitization, and so on.

Geologic structural relation to the deposits as well as to the character of the ore is very important and discussed in detail.

要　約

1. 岩生・安斎・岡野は昭和24年7月16日から約1カ月間，それぞれ区域毎に分担して，兵庫，京都両県下に跨る所謂丹波地域の炉材珪石鉱床の調査を行つた。

2. この地域には凡そ260に余る鉱床が群をなし，その一部は我国で最も古くから稼行され，開発の程度が進んでいるので，その精査によつてこの地域の鉱床に関する知識を始めて豊富にすることができた。即ち，次の諸点が特に新たに強調されることが判つた。

(a) 鉱床は古生層中に見掛上，上盤が北から南へ押上げた緩傾斜逆断層，或は同じく北側が西から東へ動いた層向断層に沿つて生じた。

(b) 即ち，これ等の断層は，輝緑凝灰岩とチャートのような相互に外圧に対して著しく物理的性状を異にする岩層の境に沿つて主としてチャート中に破砕作用を起さしめ，その部分に鉱床を生じたものと見られる。この見方は断層系統と鉱床，地層と鉱床，鉱床の形状等の関係に一応矛盾のない説明を与える。

(c) 鉱床はチャートの角礫間を脈石英が充して生じたもので，一種の珪化作用の産物と見做し得る。しかしその珪酸分の起源その他についてはなお，問題を残している。

(d) 赤白・青白の呈色の原因はチャート質角礫部分の Fe_2O_3/FeO の比に起因する。

(e) 品質と鉱床の深さとの間には一定の関係を見出し難い。

(f) 輝緑凝灰岩は非常にアルカリに富む。(K_2O+Na_2O =5%±)

(g) 鉱床の両盤に伴う赭色鉄質マーブルは特徴的で，鉱床生成に伴つて「黒ボク」化している。この鉄分の起源に付ては検討を要する。

(h) 鉱石の Al_2O_3/Fe_2O_3 の値は従来言われて来ている程には品質との間に一定の関係を持つていない。

3. 以上の解釈や事実は赤白鉱床一般の探鉱に新たな方針を与える。

4. 鉱床の数は 5,000t～1万t 程度のものが最も多く，1万t～2万t 程度のものが，これに次ぐ。若狭，飯盛は例外的に大きい。

5. 赤白と青白との産出頻度は略々等しい。

6. 鉱量は総計約46万t，なお増加の見込。内1万t以上の鉱床の鉱量合計約 33万t，一級以上と二級以下との割合は略々等しい。特等は殆んど酒梨地区に限られる(除若狭，飯盛)。

7. 既採掘量は総計約 85 万t，酒梨及び畑地区が略々その半ばを占めている（除若狭，飯盛)。

8. 地域の中，酒梨地区は最も地下深く迄開発され，畑鉱山では最も Systematic な坑内探鉱が行われている。他は概ね単純な露天堀り，一部坑道掘りである。

9. 稼行現況の概略（昭和 24 年 8 月現在）を次に示す（但飯盛，若狭を除く)。

(a) 稼行鉱床数・　約 170 ／ 休山又は未開発鉱床数約 75 ＼ 計　約 250

(b) 搬出径路の大部分
山元→(軽索)→貯倉→(トラック) 最寄駅
軽索 約40本 (100～300m のもの多し)

(c) 露天掘 37 ／ 坑道掘 38 ＼ 稼動中　坑道総延長　約　6,300m
機械掘 ＼ 1カ所
機械選鉱 ／

(d) 年間産額約 14万t（但飯盛を含む)
内 1 級以上推定約 5 万t

(e) 労務者総数約 500 ～ 600人，一丁場平均約 10 人

(f) 価格 1 級約 1,500～1,600 円/t

1. 緒　　言

筆者等は，昭和 24 年 7 月 16 日より約一カ月間，所謂丹波地区の炉材珪石の鉱床調査を行い，且つ福井県飯盛(ハンセイ)鉱山の炉材珪石鉱床の概査を行つた。調査の結果は多くの新しい事実を明かにしたが，反面これから調査或は研究に俟つて解決せねばならぬ数多の問題をも提供した。これ等未解決の点に関しては研究課題として残し次第に解決したいと思う。

(1) 調査の目的

調査の目的は戦時中から屢次に亘つて云々された丹波地区の炉材珪石鉱床の残存鉱床の賦存状況とその量とに見通しを得る事と，未だ全国何処に於てもこの種鉱床の地質鉱床の精査が行われていないのに鑑み，最も開発の歴史の古いこの地区に於てこれを行い，将来の鉱床の研究や探鉱の手掛りを得る事とにあつた。因に坑内掘30年の歴史を有する丹波酒梨地区の鉱床の精査に依つて何等かの新しい基礎的資料が得られるであろう事は予め期せられたからである。

(2) 調査地・調査者・調査年月日等　表記すれば次の通りである

調査地	調査者	調査年月日	備考
1. 兵庫県氷上郡美和村酒梨，市島地区……	岩生	24. 7. 24 ～ 8. 12	精査
2. 同 同 幸世村鴨内（カモチ）地区……	岩生	24. 8. 3 ～ 8. 18	概査
3. 同 同 鴨庄村 地区……	岡野	24. 8. 17	
4. 同 同 柏原町 地区……	岡野	24. 7. 25 ～ 8. 16	精査
5. 同 多紀郡（畑村，村雲村，大芋（オクモ）村） 地区……	岩生 岡野 安斎	24. 7. 20 ～ 7. 22	概査
6. 京都府天田郡川合村川合，芦淵，三俣地区……			
7. 同 船井郡殿田（トノダ）地区の一部			
8. 同 北桑田郡山国地区の一部			
9. 福井県遠敷郡口多田村品川飯盛鉱山	安斎	24. 7. 22 ～ 8. 5	概査
10. 鳥取県八頭郡若櫻町，丹比村，八東村丹比（若櫻）地区		24. 7. 22 ～ 24. 8. 16	

精査地区に於ては全般の地質調査を行い，この中鉱床の密集している部分に就ては，酒梨市島地区では鉱山側提供の 1/600 及び 1/1,200 縮尺の地形図及び坑内図を，畑鉱山では同じく 1/3,000 地形図を用い，なお坑道の記入してない部分（酒梨市島地区では特に多い）はテープとクリノメーターによつて簡単な測量を行いつゝ，詳しい鉱床の調査を実施した。材雲・大芋地区では新たに 1/5,000 縮尺で平板測量を行つた。

(3) 記述の順序

調査の成果に就ては先ず総説に於て，鉱床の開発状況・地質・鉱石・稼行状況・今後の問題等に就てそれぞれ総括的に記述して，今回筆者の得た主として新しい考え方を取纏め，次の各説に於ては，各鉱床群毎に最も著しい特徴を簡単に記し，各鉱床の状況はこれを表記するに止めた。

この鉱山別表は一覧利用するのに非常に便利ではあるが，恐らく調査後も既に修正を要する点も多くなつているであろうし，従つて今後の開発に関する技術的並びに行政的の措置の基礎資料となるのは寧ろ総説の内容に求められるであろうと考える。

なお，現況・鉱量に関する記載は総て調査当時のものである。

(4) 謝意

現地調査に際しては関係各鉱山から種々調査上の便宜と資料とを与えられた。特に黒崎窯業林式会社，日鉄鉱業畑鉱山，加賀山鉱業所からは実測図その他の資料を得，土井鉱業所からは調査に種々便宜を与えられた。又大阪通産局鉱山部は調査の連絡に就き格別の尽力を致された。記してこゝに深甚の謝意を表する。なお，分光分析は太平鉱業大宮研究所の厚意によつて同所で行つたものである。併せて深謝する次第である。

2. 総説

(1) 鉱床の分布と数

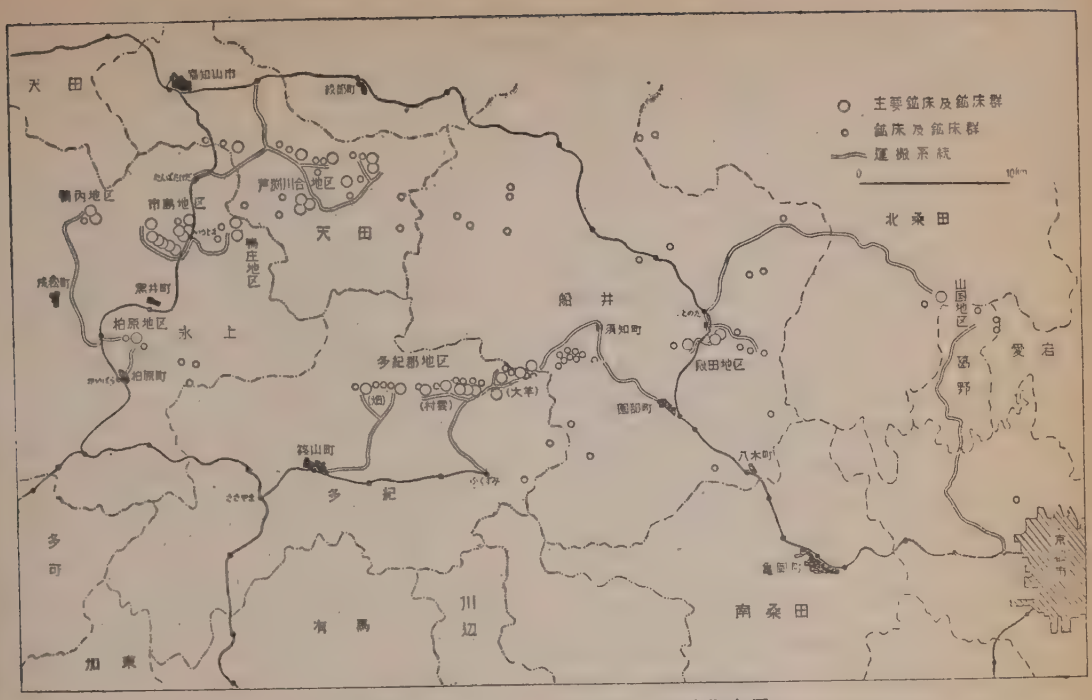
丹波地区の鉱床は兵庫県氷上郡・同多紀郡・京都府天田郡・同船井郡・同北桑田郡等に亘つて広く分布し，それ等の配列は概ね第1図に示すように，略々 10km 余の間隔を以て東西に並走する鉱床群の2帯があり，従来次の名称で呼ばれている。

北　列……酒梨（サナセ）―川合帯
南　列……篠見―小野郷（オノゴオ）帯

今回は便宜上更にこれを細分し，緒言の調査地表に示すような8つの鉱床群とした。

現在知られている鉱床の数は次の通りで総計約 260 である。

酒梨市島	約 45	柏原	約 10
芦淵川合	約 70	多紀郡（園部）	約 70
鴨内	約 15	山国	約 15
鴨庄	約 10	殿田	約 25



第1図　丹波炉材（赤白）珪石分布図

（2）沿　　革

丹波地区で始めて赤白珪石が稼行された時期は詳かでないが，大正初期らしい。しかし稍々本格的に稼行が開始されたのは大正7年，土井珪石鉱業所の現鉱主土井径吉氏が酒梨特等山の一号及び新宮を手に入れ，大正10年から同12年に亘つてそれ等の露頭及び転石から月約1.000 tの出鉱を見たときに始まる。当時，赤白珪石は現在の地表近くにのみ賦存するものと考えられ，深部を目当てに稼行する事は寧ろ冒険であるとされていたが，一時に多量の出鉱をした爲，漸く露天掘りの限界に達し，大正13年，土井氏によつて一号に於て始めて坑道掘りが試みられ見事成功した。蓋しこれが全国に於ける赤白鉱床坑道掘りの嚆矢をなすものであつて歴史的には非常に意義の深い箇所である。

酒梨地区は斯様に大正10年頃から多量の出鉱を見，その鉱石品質は全国他にこれに比するもの無く，その美麗なロース状の外観と共に，所謂丹波珪石の代表的なものとし，或は酒梨の特級品として全国第一の名を恣にした。尓来，坑道掘りに移行して平均年5,000 t～8,000 t程度に生産が落ちたが，品質の点では依然として全国の王座を占めている。又，初期には採掘業者は土井氏丈であつたが，一号開発後，品川白煉瓦株式会社が桑の木坑を中心に稼行を開始，現在は土井氏及び品川白煉瓦が主な稼行業者となつている。

この様に酒梨地区は丹波の中でも最も歴史が古く，30年近くの坑道掘りの爲に，露頭部は勿論の事，全般的に現在の地並に於ては良質部は一見略々掘り尽したかの感があり，新たに有望区域を発見するか，採掘地並を下げるかの何れかを，或は両方の方法を採らざるを得ない状況に立ち至つている。

市島地区はその歴史が詳でないが，一部を除いては酒梨より稍々新しく，特に戦時中，或は終戦後新たに開発されまだ露天掘り丈を行つているものも尠くない。概して酒梨地区に比べて品質の斑が多く，その爲に永続性に乏しい嫌いがある。土井経吉氏，富士珪石，加賀山珪石，山名珪石各会社等が主な稼行業者である。

鴨内，鴨庄，柏原等の地区は何れも開発の歴史が新しく，特に柏原を除く他のものは戦時中或は戦後稼行され始めたものが多い。

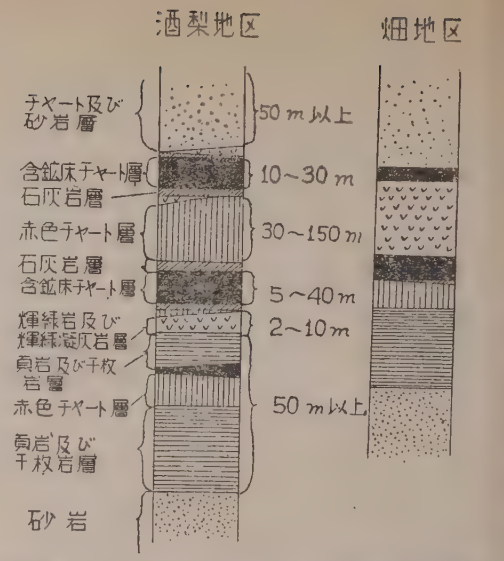
多紀郡地区の開発の歴史も決して新しくない。特にその西部の日鉄畑山及び篠山珪石の天岩附近は既に大正末期から採掘が開始され，他の場合と同じく初期には露天掘りによつて相当の出鉱を見たが，その限界に達するや天岩山に於ては昭和14～15年頃から，又略々同じ頃畑山に於ても坑内掘りに移行し現在に及んでいる。殊に畑山に於ては一群の鉱床に対して系統立つた縦押し採鉱が機械掘りに依つて行われ，又鉱石の機械選鉱を実施し多大の成果を収めている。因みに畑山に於ては露頭の最高点

から，最下底の坑準迄の高低差約 250m に及び，鉱床の深さに関する知識を得る点に大きな資料を与えている許りで無く，丹波地域に於ては近代的操業を行つている唯一の現場として大き意義を持つている。本地区にはこれ等に稍々後れてなお多数の鉱床が開発され，特にその中でも鳥山に於ては年産約 1 万 t の出鉱を見るに至つている。全体として開発の度合は酒梨市島地区よりも稍々若く，鳥山・天岩山の如く一部が漸く田畑の面まで掘り下り，今後坑内掘りを如何に進めるかを考慮すべき段階に到達している。

芦淵地区は昭和 7 年頃土井経吉氏等によつて芦淵旧山附近に於て赤白の優秀な露頭が発見されたのを開発の手始めとし，昭和 23 年頃迄に露天掘りに依つて良質鉱の相当の出鉱を観たが，彼りが 15m 以上にも達するに及び，戦時中から序々に坑道掘りに切換えざるを得ない状況に立至つた。現在なお露天掘りを強行しているが非常に無理がある。

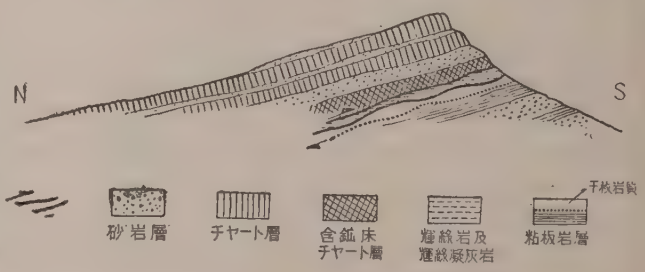
川合地区は主として戦時中から開発されたものが多く，露天掘りを主とし，部分的に坑道掘りに移行しつつある。鉱床毎の品質の差が稍々甚しく，鉱床が散在している関係もあつてか，計画的且つ集中的稼行がなされず，多くの業者が入り混つて操業を行つている。

殿田・山国両地区には数多の産地が知られているが，交通條件に恵まれぬため未開発のものが多い。現在稼行されているものは山国地区では昭和 10 年前後，殿田地区では昭和 5 年前後初めて開発され，一時休山，終戦直後再開されたものが多い。まだ殆んど露天掘りの域を脱しない。



第 2 図 丹波地域古生層の見掛上の層序

紅色を呈するが，酒梨地区の鉱床の第一層と第二層との間を占めるもの，芦淵の鉱床の母岩をなすもの，畑鉱山の鉱床に接するもの等相当赤味の強いものもある。風化



第 3 図 酒梨地区に於けるケスタ状地形と地質鉱床との関係

に堪え，風化面では脱色作用を蒙り，白色堅緻な岩石としてその層の延長方向に連続した崖を成し，特徴ある顕著な地形を示すことが多い（第3図）。酒梨地区の珪石鉱床の北側，及び多紀郡地区の鉱床の北側に東西に延び城壁の如く連る崖はこれである。

含鉄石灰岩層 *は外観濃紫褐色を呈し，その風化面は石灰岩特有の状態を示す。厚さは最高数 10cm でチャート及び鉱床との境は明瞭である。屢々変質して濃褐黒色の比重の小さい灰状物となり，「黒ボク」，「黒灰」，「黒砂糖」等と呼ばれ，鉱床の上下盤に沿つて連続しているので探鉱の手懸りとされる。これ等の状況の最もよく判るのは酒梨一号山，品川杉山坑及び畑鉱山である。顕微鏡下では 0.1～0.5cm 程度の方解石とその間を埋める褐色物質とから成り，その化学成分は次の通りである。

*後述するようにこの石灰岩の鉄分は鉱床生成に際し鉱液から加えられた疑いがある。

3. 地質及び鉱床

(1) 鉱床の分布と見掛上の層位

炉材珪石鉱床が或限られた層位にあるものかどうかは大きな問題であつて，疑問がある。寧ろ後述するように地質構造（Structural control）の方が鉱床の位置や形の決定に大きな要素とも見做されるけれども，免も角，地層の傾斜が急なところでは，鉱床の配列が略々規則正しの走向即ち略々東西方向に延びており，見掛上の層序らく地層しいものを明かにする事が出来る事は見逃し得ない事実である。

兵庫県多紀郡地区のものはこの最も好い例であり，同氷上郡地区のものも略々この範疇に属する。

推定される見掛上の層序は次の通りである（第2図）。

チャート層は厚さ 2 ～ 5 cm 程度の板を重ねた外観を呈しこの土地で「千枚」と呼ばれる。概ね淡灰色～淡

	(1)	(2)	(3)	
SiO_2	12.00	6.06	61.36	(地質調査所 化学課)
TiO_2	—	—	—	
Al_2O_3	2.12	1.28	6.42	
Fe_2O_3	0.74	3.72	4.40	
FeO	3.20	1.60	0.04	
MnO	0.65	0.47	5,39	
CaO	43.08	46.55	1.41	
MgO	1.83	1.41	5.11	
$-H_2O$	1.80	0.78	4.81	
$+H_2O$	0.12	0.66	6.33	
CO_2	43.08	37.55	0.79	
	100.00	100.08		

(1) 兵庫県多紀郡畑村畑鉱山坑内　褐紫色石灰岩
(2) 兵庫県氷上郡美和村酒梨新宮坑内　褐紫色石灰岩
(3) 兵庫県多紀郡畑村畑鉱山坑内　黒ボク

輝緑岩と呼んだものゝ中には輝緑凝灰岩の疑いのあるものもあつて，両者の区別は肉眼的には勿論，細粒のものでは顕微鏡下に於ても区別が困難である。明かに粗粒玄武岩源と思われるものがあり，又市島山垣向山に於ける様にチャートを貫くものもあつて，少く共一部は迸入岩体であるが，この事は直ちに輝緑岩が或層準を表わさないとは言えない。又古生層堆積後の迸入岩体である場合も，鉱床生成前と言う以上に迸入時期を限定することは出来ない。大部分は緑色又は濃緑色を呈し，時に赤褐又は褐紫色を呈し，風化面は何れも黄褐色である。又，片理の稍々明瞭なこともある。畑鉱山附近に最も広面積を占めて発達する。

丹波地区だけでなく，若狭・飯盛・入広瀬等，日本の主な鉱床が殆んど常に輝緑岩を伴う事実から，輝緑岩が直接的に鉱床生成の鉱化作用に関係があるとする考え方もあるが，一方四国・岐阜等では両者の随伴関係は寧ろ少い。筆者の一人岩生は，輝緑岩＊とチャート，或は石灰岩との堆積輪廻に於ける随伴関係が決して珍らしいものでない諸外国の例を想起して，上に述べた地域の輝緑岩＊とチャートとは堆積当時の近親関係を表わし，鉱床はその後の鉱化作用に依つて大部分がチャートの中に生じたと解釈することが可能と考えるが，なおこの点に就ては決定的ではなく今後の問題として残して置き度い。

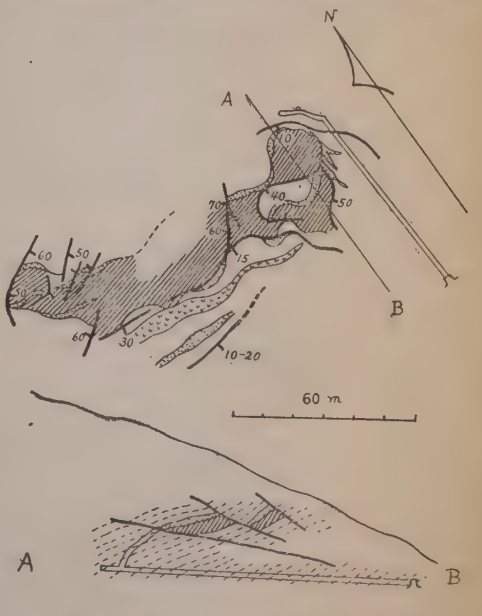
輝緑岩は次に示す様に非常に特異な化学成分を持つている，即ち特に鏡下でアルカリ鉱物を容易に識別し難いにも拘らずアルカリ＊＊に異常に富む。これに就ては別の機会に詳しく発表したい。

＊　この場合勿論噴出岩を主とする。
＊＊　慎重を期し特に本所河野技官に依頼し，安藤技官が分析した。

	(1)	(2)	(3)	
SiO_2	46.64	46.38	42.66	(地質調査所 化学課)
TiO_2	1.00	1.00	1.88	
Al_2O_3	14.99	15.67	17.40	
Fe_2O_3	2.53	6.57	9.74	
FeO	6.26	3.25	6.61	
MnO	0.13	0.15	0.21	
CaO	8.73	9.73	1.11	
MgO	8.55	6.14	7.51	
Na_2O**	2.02	2.78	0.86	
K_2O **	3.08	3.04	3.88	
$-H_2O$	0.66	0.62	1.69	
$+H_2O$	3.61	3.13	6.55	
CO_2	2.20	2.31	0.28	

(1) 兵庫県氷上郡柏原町柏原山 2 の谷 緑色輝緑岩
(2) 兵庫県氷上郡柏原町柏原山 2 の谷 赫色輝緑岩
(3) 兵庫県多紀郡天岩山下盤　緑色輝緑岩

頁岩及び千枚岩層と呼んだものに於ける頁岩と千枚岩とは明かに千枚構造の発達の度合の差を表わしている丈であつて，層位的に区別される可きものでない。原岩が



第 4 図 (A) 丹波氷上郡酒梨新宮鉱床
(褶曲斜正断層による鉱体の繰返しを示す (第 6 図 B 参照)

砂岩と頁岩との細かい互相を示していた部分では，これが著しく shearing force を蒙つた結果，千枚岩中に砂岩のレンズ状破片が細かくもみ込まれた構造を示している。千枚岩の発達の最も著しいのは酒梨市島地区の鉱床の下盤側であつて，こゝでは次に述べるように衝上断層と関係がある。

（2） 鉱床の形と地質構造との関係

この地域の鉱床の形は非常に特徴的である。大雑把に言えば，一つ一つの鉱体は蕗摩芋又は厚レンズのような形をし，鉱床群はそれを稍々不規則な幾枚かの平面の上に並べたような恰好をしている。そしてそれぞれの鉱体は相互に芋蔓に相当する石英ビリ鏈で連繋していることもあるし，全く切れていることもある。又，鉱体と鉱体とは相接して重なり合わん許りに密集している（酒梨乙河内等）こともあり，或間隔で散在している（畑鉱山その他）こともある。略々地層の傾斜に従つて鉱体も急斜又は緩斜しているが，鉱体の延びの方向は地質構造に関係があるもののようで，それぞれ特定の傾向を持つている。

全体としての傾向は，多紀郡地区の鉱体は垂直又は急斜しており，酒梨・市島地区及び川合・芦淵地区のものには緩斜しているものが多い。他の地区のもの，及び上記の地区の内にも勿論中間の傾斜を示すものがある。

鉱床は一種の珪化作用の結果生成されたものであるために周囲の母岩に較べて非常に硬い塊となつており，鉱体の周縁は小断層又は一ノ面で囲まれ母岩と境されている事が多いが，このような断層の他に，明かに鉱床の生成に関係があつて地域の大構造の一部分を表わすような断層，例えば緩傾斜鉱体を緩く切る断層，鉱体をその延びの方向に直角に輪切りにする dip fault，その他が屢々見られ，鉱体の形を或規則性に従つてではあるが非常に複雑にし，探鉱を困難ならしめている（例　酒梨）。

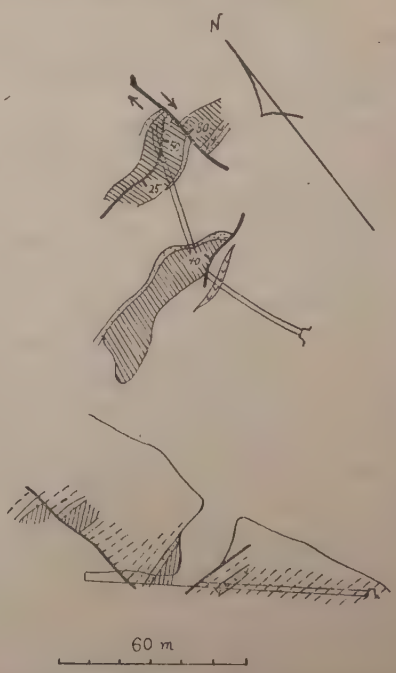
これ等の事実をもつと具体的に詳しく理解するために，代表的な鉱床群として緩傾斜型に属する酒梨及び急傾斜型に属する畑鉱山の場合を例示する。

（a）酒梨鉱床

個々の鉱体の延びの方向は，鉱床の母岩をなすチヤートとその下盤をなす頁岩・千枚岩層との緩い北落しの境界面に並行であつて，全体として西北一東南方向に配列し，部分的に彎曲して別方向を示している。

これ等鉱体は大部分がその落しの方向と逆に緩く傾斜した数多の並行断層で截断され，鉱体を剰身状に繰返して重ねている許りでなく，更にこれ等総てを截つて鉱体を胴切りにする南北に近い断層があり，殆んど常に東側が南にずれている。この様子を代表的な鉱体の場合について図示すると第4図 A,B,C の通りであつて，この爲に鉱体が如何に複雑に繰返され，或場合には探鉱を困難にしているかを推察することができる。

4 図（B） 丹波氷上郡酒梨乙河内鏡床（凡例第4図(A に同じ鏡床生成後の緩傾斜正断層による鉱体の繰返しを示す(第6図B 参照）



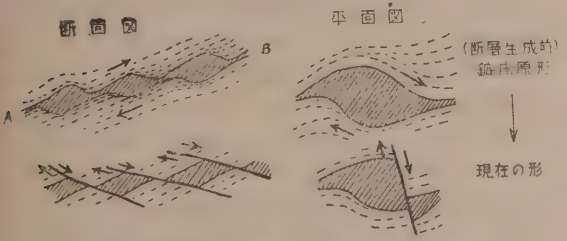
第 4 図(C） 丹波氷上郡酒梨一号山鏡床（凡例第 4 図（A）に同じ，鏡床生成後の東側が南へずれる断層の一例）

一見說明し難いような複雑なこの形も，断層生成前の形に復元して見ると第5図上段のように非常に特徴的なしかし比較的簡単なものとなる。この形の生成機構には2様の考え方が成立ち得ることは既に三宅輝海氏によつて述べられているが，今の場合は鉱体の内部構造が甚しい角礫構造を呈することから，第6図のような生成機構が最も容易に想起される。これは一種の shatter or crackle breccia filling deposit であつて北東から南西へ，部分的に東から西への緩傾斜逆断層によつて生じたとすると非常に容易に說明出来る。

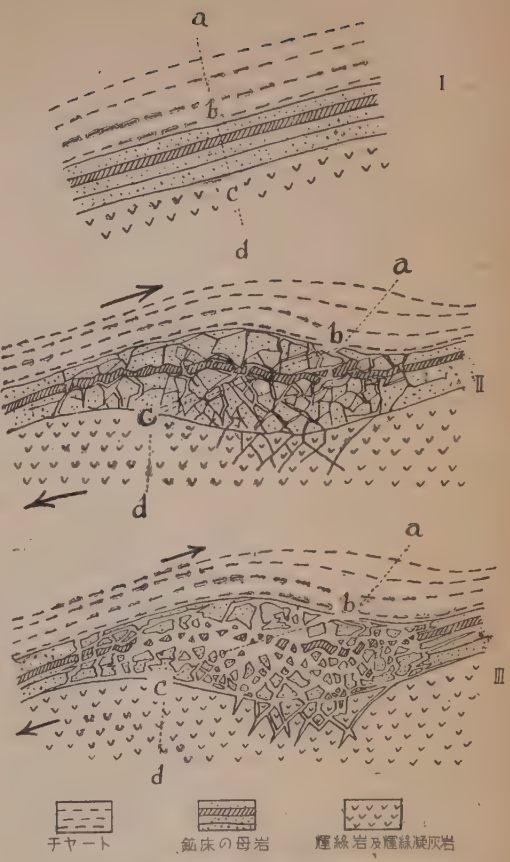
鉱体を截る2方向の断層は，共に鉱床生成直後，前記衝上式断層に伴つて引起された地層の褶曲の歪を減殺する方向に生じたと見る事が可能である。第5図下段はこの状況を示す。

(b) 畑 鉱 床

鉱体は殆んど直立に近く，輝緑岩と「千枚」式チャートの略々東西に近い境界面に沿つて約 10m～50m の間隔を以て配列している。垂直的分布はまだ充分に明かではないが，鉱体の配列の形と鉱体それ自身の形に関して2つの注意すべき事実がある。



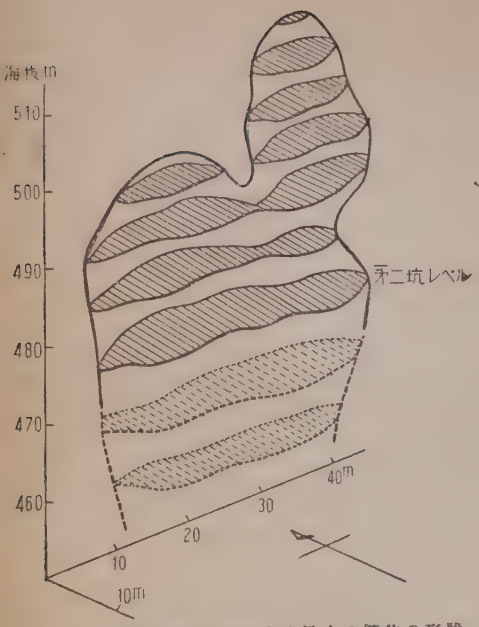
第5図　鑛床生成の機構（丹波酒梨） AB：衝上断層面



第6図　鑛床生成の機構（丹波酒梨）

第7図　畑鑛山八号山第二坑レベルに於ける鑛床の產狀と鑛床生成機構の概念図

即ち，第7図に示すように鉱体は輝緑岩とチャートとの境界面が全体の東西傾向から NW—SE 方向に若干の捻りを生じている部分に賦存していること，及び鉱体は水平方向よりも垂直方向に延びていることである（第8図）。

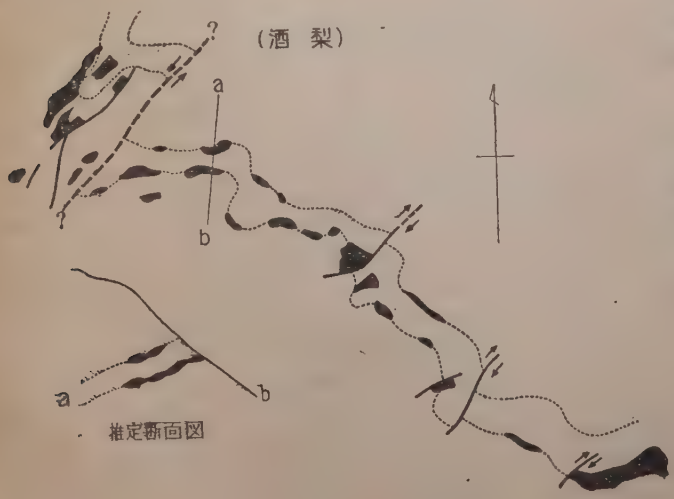


第8図　畑鉱山八号山の鉱体の形状

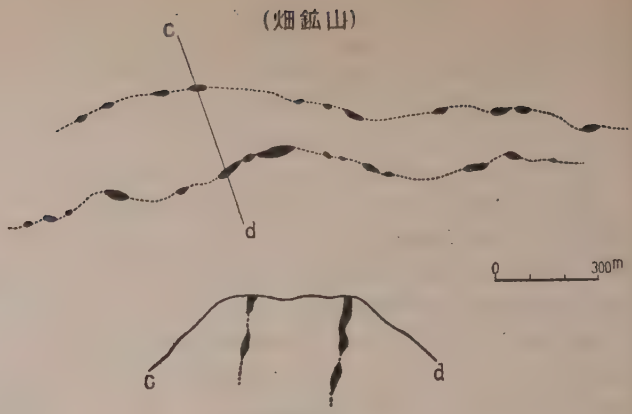
この事実は，鉱体の北側の盤（輝緑岩）が南側の盤に対して東側にずれたときに生じた shatter or crackle breccia を充塡して鉱床が生じたとすると，容易にその形が首肯できる。鉱体が縦に延びているのは，酒梨に於て鉱体が東西方向に延びていることと comparable な意義を持つている。且つ，北側盤が南側盤に対して東側にずれていることは酒梨に於ける地層の平面的ずれの傾向と一致していることとは注目に値する。

（3） 鉱床群の枝数

見掛けの層位の項に於て述べたように酒梨市島に於ても畑鉱山に於ても，主な鉱床群は見掛上2枚の horizon を形作つている（第9図）。



推定断面図



推定断面図

第9図　酒梨及び畑鉱山に於ける鉱床分布図

この事実は主な衝上式断層面が2枚となつて表われているとも，或はこのような面は数多く存在するが，特に母岩の性質上鉱化作用のでき易かつた面が2枚あつたとも解釈でき，何れとも決定的でない。しかし，前述のように鉱床が輝緑岩とチャートとの境に沿つてチャート中に濃集していることは断層運動に対して特に weak zone のでき易かつた部分が奈辺にあるかを示すものがあろう。

（4） 鉱床の分布と地域全般の地盤構造

丹波地区は従来の調査に依つても明かなるが如く，特に北より南への衝上断層の著しく発達する地域であり，その地殻変動は中生代以後とされている。なお，特徴的なことはこの断層を切つて南北垂直方向の数多の断層が存在することであつて，それ等の間隔は地質図で約1～4 km 程度である。このような大構造は正に酒梨で認められた構造と相似的であつて，実はこの大構造は小構造の積分値を表わすものとも考えられるが，この点の解決に関してはなお広範囲に亘る地質調査を必要とする。

（5） 鉱床の分布とホルンフエルス地帯との関係

鉱床地帯を遠く取巻いて，その東側の琵琶湖西岸及びその南側六甲山塊に花崗岩が露出分布し，その縁りの接触帯にはホルンフエルス地帯が発達している。しかし赤白珪石鉱床の分布している地帯の岩石は殆んどホルンフエルス化しておらず，鉱床は花崗岩塊からは水平的にも垂直的にも相当離れた距離に限つて存在していることを示している。

この事は赤白珪石鉱床の生成に関与した鉱化作用が花崗岩岩漿から離れた部分にだけ行われたものか，或は一旦生成した鉱床が，ホ

ルンフエルス化作用のとき鉱石組織の変化に依つて消滅し去つたかの何れかであつて，鉱床をホルンフエルス地帯に向つて追跡することに依つてこの問題の解決の手懸りが得られるであろう。

（6） 鉱床と母岩の変質等

母岩のホルンフエルス化の問題を一応見送ると，顕著な母岩の変化及び鉱床に関聯した変成作用を示すものは，次の3つである。

(a) 褐紫色石灰岩の「黒ボク」化

(b) 輝緑岩の緑泥石化

(c) 淡黄褐色粘土の生成*

これらは何れも鉱床生成の時期と相前後して鉱体に近接して生成したものであつて，「黒ボク」は屢々その中に石灰岩の残存物を包含して鉱体を包んでいる許りでなく，鉱体相互を連繋して探鉱の手懸りとなつている（例 畑鉱山）。又淡黄褐色を粘土は時々鉱石の割目を充たして発達して鉱石を汚染している（例 芦淵）。この粘土の化学成分は次の通りである。

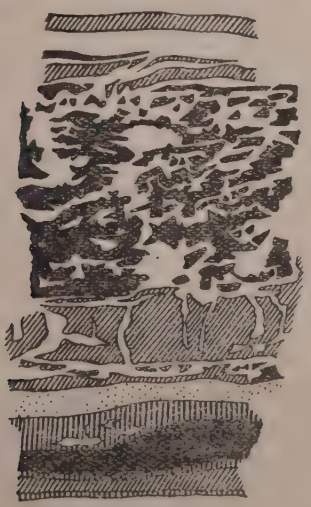
SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	Na_2O
47.33	—	23.97	8.57	0.04	0.46	0.15	1.48	0.28

K_2O	$-H_2O$	$+H_2O$	CO_2
1.47	6.32	9.70	—

（地質調査所化学課）

(d) 赤鉄化

鉱床の両盤には屢々前述した含鉄石灰岩が発達するこ



第 10 図　赤白珪石の産状の一例

*筆者の一人岡野はこの粘土の生成を別の原因に考えている。

と，及びこれに伴つて図示する様な産状で鉄分に特に富む後述の朱色チャートが発達することは非常に特質的である（第10図）。そしてこの石灰岩の構造組織は全く水成源である事を暗示していることは前に述べた。朱色チャートもその産状と，その中に化石を持つことからやはり水成源と考えられる。しかしこれらの鉄分の少く共一部は鉱床生成に伴つて共に鉱液から供給されて，石灰岩やチャート中に鉄染したか，或はこれ等岩石中にあつた他の含鉄鉱物が酸化して赤くなつたものと考えることも可能である。

（7） 赤白・青白・品質別分布と地質との関係

後の品質の項で述べるが，見掛上の層位とも地質構造とも格別の関係を認め難い。特に一つの鉱体の中で両者相伴う事がある事実は注目すべきである。

4. 鉱　　石

（1） 構造と外観

鉱石は角礫構造を呈し，径 1 cm～10cm のチャート質角礫と，この間を充す純白の脈石英とからなつている。一般に丹波地域のものは他の地域のものに比べて，所謂「typical」な珪石が多く，角礫は鋭い稜角を持ち，脈石英との境は截然とし，脈石英が特に著じい光沢を持つている。そして最も上質のものは角礫と脈石英との量の割合が略々相半ばし，鉱石は甚だしく堅硬で光沢に富んでいるが，品質の変化に伴い，又は鉱床群を代表する地区毎に若干の変化が認められる。即ち次の如くである。

(a) typical なもの（酒梨地区の大部分，多紀郡の大半殿田，山国両地区の大部分，芦淵川合地区の半ば，その他）

(b) 脈石英の量の比較的少いもの（芦淵地区の大半，飯盛の大半，その他）

(c) 角礫構造の不明瞭なもの*（多紀郡鳥山その他，柏原の多くの部分，丹比その他）

(d) 表面が容易に風化してカサカサと白つぽくなるもの（川合地区の一部，多紀郡鳥山その他）

(e) 玉髄質石英と角礫を囲む朱又は濃緑色の色環を有するもの（後述：多紀郡地区の一部，鴨内地区の一部，その他）

(f) フリント質のもの（飯盛鉱山の一部分，鴨内地区の大部分）

（2） チャート質角礫と赤白・青白の呈色

チャート質角礫は石英の微晶を素地とし，その粒度は品質の変化等に従つて 0,05mm～隠微晶質の範囲を示し，

*青白珪石でこのような外観を呈し，よもぎの若芽のような色調を呈するものを「よもぎ肌」と呼んでいるところもある。

この中に夾雑物として，綠泥石質鉱物と赤鉄鉱塵とが微量に，しかし万遍なく散布し，時々極めて細い石英脈に伴つて方解石の少量を混える。綠泥石質鉱物は微細でその性状を容易に明かにし難いが，厘々長さ0.05mm程度の淡綠又は濃綠褐～淡色の多色性を示す針状結晶として存在し，又は相集つて薄いフイルムを形成することもある。方解石は微粒として散布し，或はフイルムを作る。

角礫部分の石英の粒度は単一の角礫中でも時に変化に富み，且つ未変質チヤートに比すれば一般に遙かに粗く，明かに変質作用によつて粒度が増大した事を示す。この作用は品質の項で述べるように，チヤートの化学成分上の一種の純化作用をも伴うが，次に述べる脈石英の生成に先んずるものか同時のものかはなお問題がある。

この角礫の色には朱・暗赤・葡萄色・茶・暗紫・濃灰・灰青綠・綠等があり，朱・暗赤・葡萄色・茶系統の角礫を持つものを「赤白」，濃灰・灰青綠・綠系統の角礫を持つものを「青白」と称している。

一つの鉱床の中，或は一つの角礫の中で「赤」→「青」に色の移化を示す場合には

朱←→暗赤←→葡萄色←→暗紫←→綠
↖茶←――――↗

の順序を示すことが多い。

チヤート質角礫の呈色の原因を究めることは古生層チヤートの呈色の問題と同じように解決が困難であるが，筆者等は解決の手懸りを得可く，鉱床の上下盤に近く発達し一部鉱石中に取込まれている朱色チヤート，代表的赤白の葡萄色の角礫，代表的青白の綠色の角礫等の化学分析を行い，次の結果を得た。

	赤色チヤート	朱色チヤート	葡萄色角礫	綠色角礫
SiO_2	90.56	95.97	96.36	97.42
Al_2O_3	0.67	0.37	0.41	0.33
Fe_2O_3	3.77	2.26	1.04	0.29
FeO	0.01	0.43	1.09	1.04
MnO	1.44	0.09	0.07	0.04
CaO	0.04	0.27	0.01	0.01
MgO	1.03	0.09	0.16	0.18
lg.loss	1.43	0.42	0.40	0.43
計	98.96	99.90	99.54	99.70
Fe_2O_3/Feo	377	53	1	0.3
Al_2O_3/Fe_2O_3	0.16	0.17	0.38	1.1

（地質調査所化学課）

この結果から明らかな事は Fe_2O_3/FeO の値が綠→赤へ向つて甚しく増加していることであつて，呈色の主原因がFeの存在状態にあることを示している。

鏡下では綠色部には綠泥石の微晶が多く，朱色部には有色鉱物として赤鉄鉱塵だけを認め得る。又代表的な赤白の赤色角礫（寧ろ葡萄色）では綠泥石は明かにこれを認め得るが，石英が全体として非常に淡く赤褐色に汚れているだけで，他に赤の呈色の原因となる鉱物を認め難い。この赤褐色の汚れは非常に微細であつて，赤鉄鉱であるかどうか未決定である。綠色角礫中にも綠泥石の他に若干の赤鉄鉱塵を認めることがある。これ等の事実は青白の綠は主として綠泥石に，赤白の赤は主として不確実乍ら赤鉄鉱に起因しているらしい事を物語つており，Al_2O_3/Fe_2O_3 の量が綠→赤へ向つて漸減している事実と符合する。しかし，従来の鉱石の分析データの多くは Fe_2O_3 と FeO との区別をしていないので，上述の推論を更に普遍化するのに若干の躊躇を感ずるのは遺憾である。

（3） 脈石英

著しい特徴は次の2点である。即ち

(a) 時に少量の方解石を伴う（この場合には晶洞を形成することがある）他は，極めて純粋であつて，他の鉱物を随伴しないのみならず，ペグマタイト石英に見られるような包裏物を殆んどもたないこと。

(b) 石英の粒度は必ず脈壁から内部に向つて次第に大きくなつており（脈の中央部では粒度は 3mm～1mm 程度），壁に接する部分は角礫より僅かに粗い程度であること。

であつて，これ等の事実は，鉱床に直接する輝綠岩は，鉱石と同じように角礫状を呈した部分が方解石でセメントされている事実と共に，脈石英が直接熱水液等から沈澱した火成源のものではなく，寧ろ熱水作用等の刺戟によつてチヤート質角礫の部分からその割目に沿つて分秘生長した一種の segregation vein と見做すのに好都合である。しかし，脈石英の珪酸分の総てが segregation に起因するものであるかどうかは非常に疑問であつて，これの解決には鉱床生成に際して容積変化，脈石英中の微量成分等についての吟味が必要である。

丹波地区の大部分の脈石英は上記のように純粋で単純であるが，例えば酒梨新宮鉱床に見られるように方解石を稍々多量に伴い，又鴨内地区宮垣山に於けるもののように玉髄質に近い場合もある。

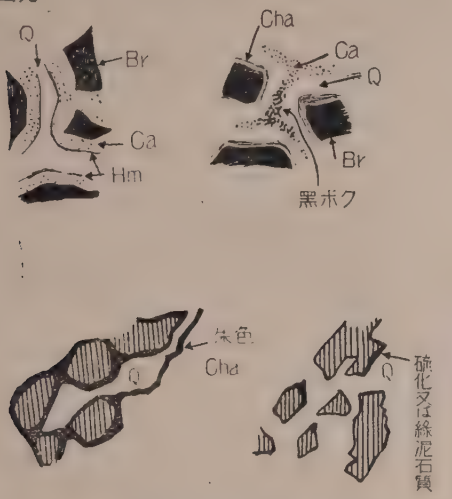
方解石を伴う場合には第11図のように3様の場合がある。即ち脈の外側から中央へ向つて，

(a) 方解石→石　英
(b) 石　英→方解石
(c) 石　英→「黒ボク」様物質（方解石の残晶を含む＝「虫喰い」ことがある）

の順序による配列が認められ，(b)，(c) の場合が多い。(c) の場合には石英は中央部では小さい晶洞を作り，そ

の中が「黒ボク」様物質で充され，恰も虫歯のような外観を呈するので「虫喰い」と称される。

玉髄質石英を伴う場合には角礫が屢々図のように赤鉄鉱塵或は硫化鉄？塵で朱色に隅取られていることが多い（第11図）。



第 11 図　不純物を伴う脈石英の例
Q：脈石英　Ca：方解石　Cra：玉髄質石英
B：チヤート質角礫　Hm：朱色玉髄質石英

（4） 石灰質鉱石

所謂この種鉱石には次の3種を認めることができる。

(a) 角礫チヤート質の部分に方解石が石英細脈に伴い細かく散布しているもの〔4. (2) 項参照，例　市島青白〕。

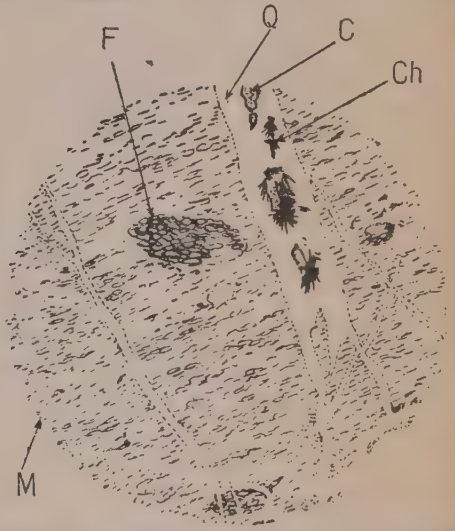
(b) 脈石英に方解石を伴うもの〔4, (3) 項参照，例　酒梨新宮，市島富士〕（殆んど全く方解石から成る例が畑鉱山で見られる）。

(c) 角礫の一部が褐紫色石灰岩であるもの（例　富士上垣，富士岩戸）。

(b)(c)の場合には石灰分が特に多く，選鉱によつてこのような部分を取除かないと鉱石品位を甚しく低下させる。

（5） 微量成分

鉱石中の微量成分として存在するものの中で最も普遍



第 12 図　酒梨乙河内下坑産朱色チヤートの中の有孔虫様模様
Q：脈石英　Ch：泥灰石様鉱物　C：炭酸塩鉱物
M：チヤート質角礫　F：有孔虫様模様

第 1 表　丹波地域炉材珪石の分光分析表（太平鉱業大宮研究所分析）

	Si	Al	Fe	Ca	Mg	K	Na	Mn	W	Co	Ni	Zn	Pb	Sn	Cu	As	Au	Ag
No. 1	S	SW	W	—	M	—	—	W	—	—	VW	—	—	—	W	—	—	VVW
2	S	VW	VVW	—	SW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	VW	—	—	—
3	S	—	W	—	WM	—	—	W	—	—	—	—	—	—	VW	—	—	—
4	S	VW	VW	—	SW	—	—	VVW	—	—	—	—	—	—	VW	—	—	VVW
5	S	—	VW	—	W	—	—	VVW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	S	—	VW	—	SW	—	—	VW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	S	W	VW	—	SW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	VW	—	—	—
8	—	—	VW	S	WM	—	VW	VW	—	—	—	—	—	—	VW	—	—	VVW

No. 1　青白珪石の青色部　（若狭鉱山）
2　同　白色部　（　同　）
3　赤白珪石の赤色部　（天岩山）
4　同　白色部　（　同　）
5　青白珪石の青色部　（富士向山）
6　赤白珪石の赤色部　（品川酒梨本坑）
7　同　白色部　（　同　）
8　含鉄石灰岩　（畑鉱山）

記号説明

VS MS	S	Strong	概ね　100—10%
SM WM	M	Middle	1—10
SW VW VVW	W	Weak	—1%

的で量の多いものは硫化鉄であつて，注意して見ると全地域の殆んど半ば以上の鉱石中に鉱染状又は細脈状として認め得る。

次で肉眼で認め得るものは黄銅鉱・磁硫鉄鉱（多紀郡鳥山）である。これらは酸化して褐鉄鉱の「ヤケ」となつていることも屢々である。

主として地域内鉱石の角礫及び脈石英の代表的のものにつき太平鉱業大宮研究所に特に依頼して分光分析を行つた結果は次表の通りである（第1表）。

即ち化学分析の結果と殆んど一致し特筆すべき事実はないけれ共，Cu が僅か乍ら殆んど総てのものに検出されること，Ni が若狭の唯一つではあるが青角礫中に検出されたこと，Pb, Zn, Co, Au は殆んどどれにも検出されていないことは特徴である。Ag は多少存在するものがある。

（6）化　　石

酒梨乙河内下坑産の朱色チャートを鏡下に検すると第12図のような有孔虫様の模様を認める。この事実はチャートが水成源なることを示す。

5. 品　　質

品質は最終的には単味煉瓦による試験，更に試作煉瓦による試験を経なければ決定せず，特に同じ鉱石に対してA工場ではこれを忌嫌い，B工場では一向にこれを意としないような場合もあるので一概に決定されないが，品質決定の要素となる事柄は次の通りであると言われている。

そしてこれら要素の中のどれだけを備えているかによつて特級・一級・二級・三級等に分類されるが，本稿では都合によつて特級～一級・二級・その他に分つて記載した。

鉱石の外観の項で「Typical」なものとして述べた鉱

	要　　素	高品質	中～低品質
鉱物組成	角礫部分と脈石英との量の割合	相半ば	大
	角礫を構成する石英の粒度	0.05～0.005 mm程度	それ以下～フリント質
	脈石英の粒度	1～3mm	それ以下
	不純物として存在する方解石の量	極少	多
	不純物として存在する緑泥石の量	少	多
化学成分	Al_2O_3	≦0.1～0.6	0.6<
	CaO	≦0.1～1.0	1.0<
	Fe_2O_3/Al_2O_3	大	少
耐火度	原石の耐火度	≧33+～34	32>
	スラッグ入耐火度（スラッグ10%，石灰2%）	≧33−	32>
その他	鉱石の光沢と硬さの感じ	強，大	弱，小
	破砕の難易，割目の多少	難，少	易，多

第2表　丹波地域炉材珪石分析表*

採取地番号	(20)	(62)	(65)	(69)	(70)	(72)	(76)	(95)	(100)	(105)	(111)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO_2	98.24	97.42	97.96	89.22	98.54	98.17	96.36	93.25	98.83	97.83	98.78
Al_2O_3	0.30	0.33	0.39	1.94	0.25	0.16	0.41	2.04	0.17	0.53	0.30
Fe_2O_3	1.23	0.29	1.14	1.20	0.87	1.42	1.04	1.34	0.89	1.09	0.81
FeO		1.04					1.09				
MnO	0.02	0.04	0.09	0.07	0.02	0.03	0.07	0.02	0.03	0.05	0.01
CaO	0.03	0.01	0.13	3.29	0.02	0.05	0.01	2.36	0.01	0.28	0.01
MgO	0.06	0.18	0.05	0.03	0.02	0.02	0.16	0.07	0.04	0.05	0.02
Ig loss	0.11	0.43	0.15	3.86	0.32	0.20	0.40	0.07	0.02	0.07	0.11
Total	99.99	99.70	99.91	99.61	100.04	100.05	99.54	99.15	99.99	99.90	100.04
単味耐火度	34	34	34	33	34	$32\frac{1}{2}$		33+	34	34	$33\frac{1}{2}$
スラグ入り耐火度	33	33	33	32+	33	$31\frac{1}{2}$		32+	32+	33−	$33\frac{1}{2}$
丁場名	土非市島	向山上垣富士	三木岡本	富士岩戸	加賀山岩戸	三木上牧	畠川本山	加賀山市島	山名市島	三木入江	土井乙河内
等級	青白1級	赤白青白1級	青白1級	赤白1級	青白1級	青白2～3級	赤白2級	青白2級	赤白2級	青白2級	青白2級

第 2 表　（続き）

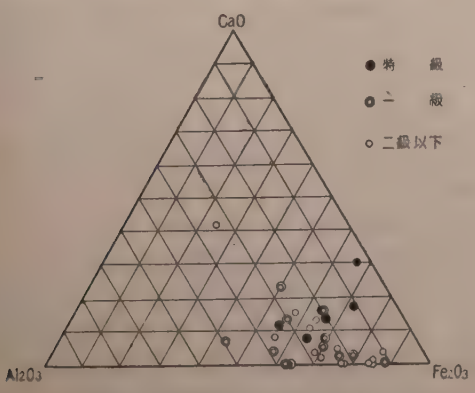
採取地番号	(126)	(127)	(130)	(133)	(137)	(139)	(140)	(203)	(220)	(221)	(229)	(235)	(258)	(287)	(293)	(294)	(308)
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
SiO_2	98.66	96.83	97.10	98.57	98.37	97.83	98.14	98.23	98.81	98.95	98.36	98.46	98.28	98.88	98.20	96.46	98.12
Al_2O_3	0.24	0.50	0.23	0.18	0.20	0.31	0.49	0.20	0.05	0.10	0.10	0.08	0.02	0.19	0.14	0.42	0.30
Fe_2O_3	0.81	1.63	1.36	0.97	1.07	1.10	1.40	1.10	0.88	0.75	1.46	1.04	1.26	0.87	1.26	2.26	0.93
FeO		1	1														0.25
MnO	0.01	0.04	0.00	0.01	0.01	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.25
CaO	0.04	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.01
MgO	0.06	0.12	0.12	0.04	0.05	0.08	0.08	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.14
Ig loss	0.19	0.32	0.51	0.13	0.24	0.53	0.02	0.52	0.30	0.24	0.18	0.34	0.36	0.12	0.34	0.64	0.04
Total	100.01	99.45	99.35	99.92	99.95	99.90	100.05	0.05	100.04	100.05	100.01	99.93	99.93	100.06	99.94	99.82	100.00
耐火度 単味	34	34	34—	33	34—	34	34	$33\frac{1}{2}$	34	34+	$34\frac{1}{2}$	34	$34\frac{1}{2}$		34—	$33\frac{1}{2}$	34+
耐火度 スラグ入り	32+	32	$32\frac{1}{2}$	32+	$32\frac{1}{2}$	$32\frac{1}{2}$	$32\frac{1}{2}$	$32\frac{1}{2}$	33—	33	33	33	33		32+	$33\frac{1}{2}$	32+
丁場名	一の谷	佐藤柏原山	三の谷	福田山	品川鴨内2号	宮垣鴨内2号	カクレ谷	深田篠見山	山名福井3号	日鉄南1谷	小倉5号	宮代山	日鉄畑1号	佳野鳥山	佳野鳥山1号	佳野鳥山1号	若櫻No.4
等級	青白赤白2級	青白3級	青白2級	青赤白2級	青白2級	青白2級	2級	青白2級	青白1級	赤白青白1級	赤白1級	青白1級	1級	青白	青白2級	青白1～2級	白～青味2級

石は概ね特級～1級に，その他の癖のある鉱石は概ね2級以下に属する。

丹波地域では嘗つて酒梨地区等から特級品が，沢山産出したらしいが，現在は酒梨と雖も特級品はそれ程容易には得られず，他の大部分は 1 級又は それ以下に 属する（第 2 表）。

（1） Al_2O_3 含有量と Al_2O_3—Fe_2O_3—CaO の百分比

丹波地域の鉱山に就てArO_3の含有量，Al_2O_3—Fe_2O_3—CaOの百分比と品質との関係を図示して見ると次の通りである。（第13図）これから明らかなことは，



第 13 図　丹波炉材珪石のAl_2O_3—Fe_2O_3—CaO比
（便宜のため他地域のものも若干引用した）

（2） 品質と「もめ」

鉱石そのものの品質は優秀であつても，鉱床生成後の断層運動や褶曲等によつて鉱床が著しく揉めているところでは鉱石が小砕石状又は小粉状に破砕し易く，採掘に際して塊鉱が得難く，採取率が甚だ低くなる。この最もよい例は酒梨品川六号，同三号大寺村深田山等であるが，他にも　　等の例を観る。

しかし，畑鉱山に於けるような選鉱方法をとれば，この問題も著しく解決に近付くものと思われる。

（3） 地区別品質の特徴と品質の統計

鉱床群によつて分けた各地区別の品質の特徴は大略次の通りである。

(a) 酒梨地区

最も代表的且つ優秀な鉱石を産する。特に西北方には特等級が見られる。しかし，東南端部は稍々石灰質の部分を混える。一部「もめ」がある。赤白を主とし，青白を伴う。

(b) 市島地区

特級は殆んど産しない。1 級乃至 2 級を主とし，部分的に著しく石灰質で品質が落ち，又もめの甚しい部分がある。赤白，青白略々相半ばする。

(c) 多紀郡地区

範囲が広くて一概に述べ難いが，大部分は 1 級に属

し，部分的に青白の角礫と脈石との境が不明瞭な２級に近いものを産する。赤白・青白略々相半ばする。

(d) 芦淵地区

赤白を主とし，脈石英の部分が少く，見掛けが悪いが，チヤート質部分の結晶度高く見掛けより良質である。１級，２級略々相半ばする。

(e) 川合地区及その附近

川合地区は赤白を主とするが，風化によつてがさがさと「ボケ」るものがかなりあり，所謂２級に属するものが多く，一部に１級を産する。その他の地区は青白２級を主とする。

(f) 柏原地区

青白を主とし，品質は一部分を除いてはそれ程良好でなく，角礫と脈との境界の余り判然とせぬものが多い。嘗つて非常に良質の赤白を産したことがあると言われる。

(g) 鴨内地区

概ねフリント質で青白を主とする。一部良好，或は赤白である。又「もめ」の著しいところもある。又，玉髄質朱色 ring を伴うことがある。

(h) 鴨庄地区

鉱床散在し，品質にも「むら」が多いが概ね２級であり，部分的に著しく石灰質である。赤白・青白略々相半ばする。

(i) 殿田地区

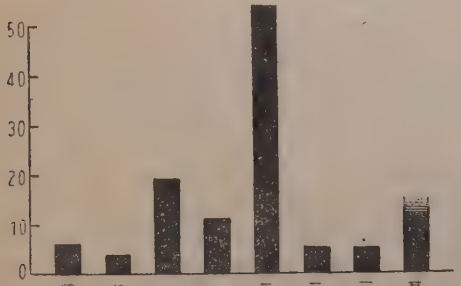
赤白１級であるが，稍々「もめ」乙表土が混入し，２級として出荷されることがある。

(j) 山国地区

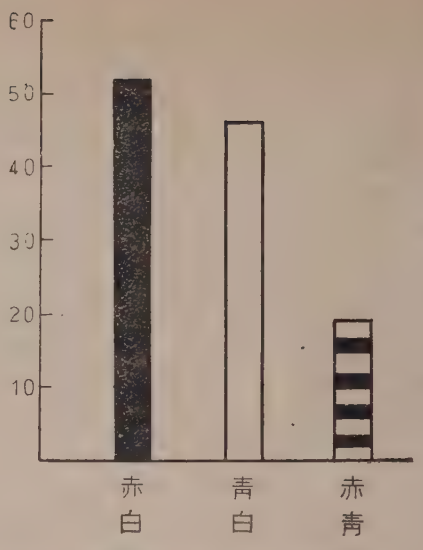
赤白１級を主とする。時に玉髄質朱色 ring を伴う。

飯盛及び鳥取丹比に関しては別に述べることとする。

丹波地区に於ける特級・１級・２級その他の産出頻度及び，青白・赤白の産出頻度を図示すると次の通りである（第 14 図，第 15 図参照）。



第 14 図　丹波地区品質別産出頻度図



第 15 図　丹波地区赤白・青白・赤青白の産出頻度図

(4) 赤白・青白・石灰質鉱石の分布と深さ

現在迄のところ，これ等三者と分布との間に特定の関係を認める事はできない。又深さとの関係にも言われているが如く特別の関係は認められない。従来，地表近くにの赤白は深部へ向つて青白に移化し，或は石灰質となる傾向があると言われており，その一例として畑鉱山が挙げられている。しかし，地質的にこれを説明することは困難であり，寧ろ深さと無関係な理由によるものと考えたい。何となれば若し言われるが如く，100m 以下の深さの差に従つて，この様な顕著な変化が起つたとするならば，これは浅成鉱床或は地下水面に関係ある二次変化を受けたものと解釈せざるを得ず，かかる解釈が成立するか否かが問題の解答を与えるものであろう。

6. 鉱　　量

(1) 鉱床の規模の比較

若狭・飯盛・丹比は特別に規模が大きいが，他の地区のものの個々の規模は概して，(10～50m)×(2～10m)×(5～20m) 前後即ち数 100ton～2～3万ton 程度である。

次に一目瞭然たらしめるため，代表的鉱床の大きさを比較図示した(第 16 図)。

(2) 地区別既採掘量と残存鉱量

こゝに言う残存鉱量は大体残存可採鉱量の意味である。可採率は今後の採掘方法及び鉱石の利用度の如何によつて変化し得るので，仮に従来の可採率をその儘適用した。実際には鉱床の深度が増し，露天掘りの数が減少し，その反面 Systematic な採鉱法が取られるようになろうから可採率の増減は正確には不明である。

第 16 図　鑛床の規模の比較図

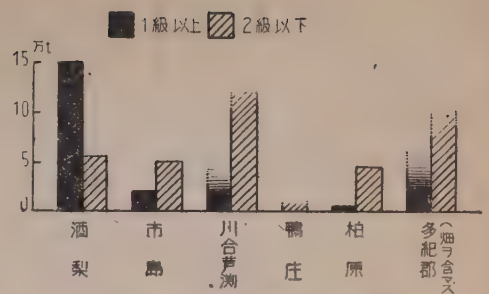
充分な探鉱が行われている鉱床は一つもないから，確定鉱量は殆んど算出することが不可能であり，推定鉱量と予想鉱量との区別又確然としていないので，両者はこれを一括計算した。

各地区別の推定既採掘量と残存鉱量（推定＋予想）とを次に表記する。

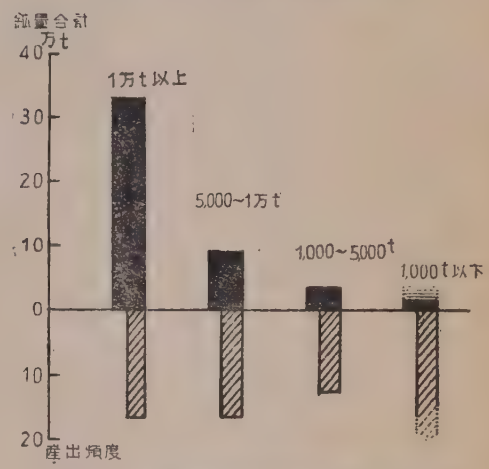
	既採掘量(推)	残存鉱量（推＋予）
酒梨地区	20万t	18万t
市島地区	5	7
芦淵川合地区	7～10	10
鴨庄地区	0.5	?
鴨内地区	1.0以下	4?
柏原山地区	5	?
畑地区	20	
村雲地区	25	6.6＋α
大芋地区		(αは相当大の見込)
山国地区	不　詳	0.5＋α(α相当大の見込)
殿田地区	不　詳	0.1＋α(α相当大の見込)
計	83.5～865	46＋α(α相当大の見込

又鉱床の各規模別にその産出頻度と，それぞれの規模の鉱床の鉱量合計を図示すると次の通りである（第17図）。

1級以上と2級以下との量の割合は丹波全体としては昔では略々 5:3 くらいであつたが，現在は略々相半ばしている。



第 17 図　(A)丹波地区品質別地区別鑛量図



第 17 図　(B)丹波地区鑛量別産出頻度及び鑛床規模別の鑛量合計（岩狭 飯盛を除く）

丹波地区規模別鉱床の鉱量合計

1 万ton 以上	計	33 万ton
5,000 以上 1 万ton以下	〃	9 万ton
1,000 以上 5,000ton以下	〃	3.5万ton
1,000ton以下	〃	1 万ton以上
	合計	46.5万ton以上

7. 探　　鉱

(1) 探鉱とその進捗状況

従来行われて来た探鉱の方法は露頭探鉱と坑道探鉱だけで，ボーリング又は物探等による方法は全く行われていない。

(a) 露頭探鉱

現在開発されている鉱床の殆んど総ては直接又は転石を追跡してその露頭が発見されたものである。炉材珪石の鉱石は他の岩石に較べ特に硬いために風化に堪えて崖や寄岩をなし，又大きな転石となり易く，鉱床の発見が容易である。

(b) 坑道探鉱

しかし露頭に直接続き，露頭がその一部をなす鉱床を

掘尽すと，坑道による探鉱が行われている。そして多くの場合探鉱と採鉱とは併行しており，酒梨，畑に於けるが如く，探鉱坑道即ち採掘運搬坑道となつている。

酒梨等の緩斜鉱床では，その落しから推定した鉱体賦存箇所に向つて下部に探鉱坑道を鑿ち着鉱後採掘する方法が採られている。しかし，前述した様に剰身状の緩化包斜繰返し断層の爲に，鉱体は多くの場合予想外に浅いところにあるので，探鉱坑道が予定位置で着鉱しなかつた例がある。(酒梨地区新宮鉱床)

畑式の急斜鉱床で最も合理的探鉱が行われているのは畑鉱山で，こゝでは上下約 50m の間隔を以て水平坑道を設け，輝緑岩と「千枚」式チヤートとの境界面に沿つて石英ビリ又は黒「ボク」を追跡して新鉱体を発見している。これは先に述べた鉱床の産状の地質的解釈よりするも最も合理的である。

他の鉱床に於ては探鉱は概ね計画性に乏しい。

2. 探鉱上特に留意すべきこと

坑内探鉱に際し特に留意して効果を挙げ得ると思われることは次の諸点である。

(a) 輝緑岩と「千枚」式チヤートとの境界面，特にその面の屈曲部分
(b) 既知鉱体の連鎖面によつて表わされる逆断層面の延長部分
(c) 鉱体の延びの方向
(d) チヤート層の分布
(e) 鉱床を截る断層の各系統の癖（例酒梨：前述）
(f) 鉱床分布の密度
(g) 露頭又は既知鉱床の規模

8. 採　　鉱

丹波地区及び若狭地区の炉材珪石の採掘方法は露天掘及び坑道掘に大別される。

（a） 露天掘

鉱床の位置が総て道路水準以上であるので positive typeである。飯盛鉱山は稍々大規模な露天掘りの好例であるが，他は概ね一丁場で月 50～200t 程度のものが多い。殊に多紀郡地区の様に鉱床の傾斜が急なところでは直ちに露天掘りの限界に達し，又，天田郡芦淵地区のような鉱床の傾斜と山の斜面の傾きとか逆になつているところでは直ちに被りが厚く（20m以上の部分も少くない）なり，露天掘りの限界に到達している。斯様なところでは（例，土井芦淵高田山）下部から坑道を切込み，壁の傾斜が70度内外の不完全且つ危険なグローリーホール式採掘を行つている。

（b） 坑道掘

露天掘が限界に達すると坑道掘に移る。概ね露天掘跡の下部8～10m下部に坑道を切込み採掘する。小規模鉱山に於ては柱を残さず，又は柱が細くて不完全な爲に上り面又は採めの甚しい鉱体の掘跡は崩壊していることも少くない。締りのよい鉱体に於ては掘跡はよく保たれている。

坑道掘りの代表的な型は畑鉱山，鳥山鉱山及び酒梨区域である。

畑鉱山では略々垂直面に沿つて分布する鉱体を 2～4 つの坑準によつて一種のシュリンケージ法によつて採鉱している。鳥山鉱山では一種のブロックケービング法によつて約3.000tの鉱石を崩落させたが，土石の混入と危険とを伴い好ましくない結果を生じた。酒梨地区に於ては原始的な空洞坑又は残柱式空洞掘りを行つている。

機械掘を行つているのは畑鉱山及び飯盛鉱山だけであり，畑鉱山では detouchable bit を用いて能率を上げている。

全労務者１人当り採掘量を例示すると次の通りである。

坑道掘 ｛ 機械掘(畑) 13t/月(坑内夫 1人当り約20t/月
　　手　掘　平均 10t/月，時に30～40t/月(鳥山
露天掘　　大体 10t ～ 30t/月

又行われている採掘方法の中，露天坑道の二者の各地区別の数は次の通りである。

稼行鉱床の採掘形式

	露天	坑道
多紀郡	10	12
芦淵川合	14	2
鴨内	1	5
鴨庄	5	0
柏原	1	1
酒梨市島	3	18
殿田	2	0
山国	1	0
計	37	38

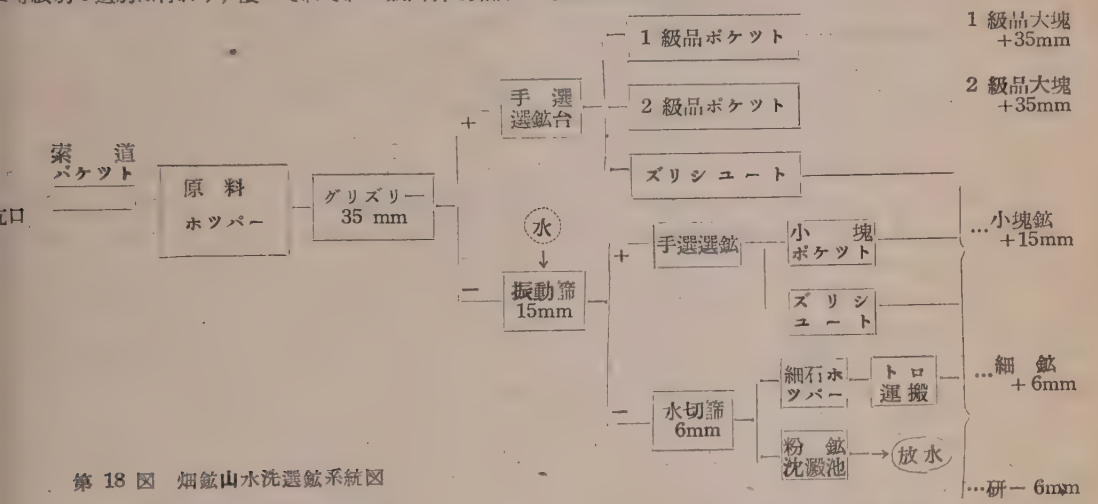
各地区別坑道総延長は次表の通りである。

	坑道延長表
畑	約 1.700m
多紀郡その他	約 800m
川合芦淵	約 200m
柏原山	約 100 ～ 150m
鴨内	約 80m
鴨庄	約 80m
酒梨	約 3.000m
市島	約 250m
計	約 6.300m

9. 選　　鉱

鉱石は普通径 30～40 cm 程度の塊として出し一般に径約 5cm 以下の細鉱は出荷されない。切羽選鉱又は一部石灰分を除く爲に簡単な手選を行つている他は畑鉱山に於て機械水洗選鉱が行われているだけである。又强いて等級別の選別は行わず，屢々それぞれの鉱山名を銘柄として出鉱し，1 級鉱石に富んでいるものは 1 級品，2 級鉱石に富んでいるものは 2 級品或は 2 級品何割として価格を調整する。

畑鉱山に於ては褐色粘土及び「ボク」に依つて鉱石が汚れているし，且つ採掘率を上げるために破砕された細鉱をも出鉱するので水洗選鉱を行つている。その過程は次図の如である。

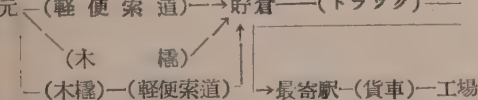


第 18 図　畑鉱山水洗選鉱系統図

品川酒梨では簡単な水洗設備を設置準備中であつた。石灰分の甚しいものは手選によつて除かれる。又鳥山鉱山に於ては時に黝色粒状の黄鉄鉱があり，これに汚染された鉱石が混合出鉱されることがある。

10. 搬　　出

鉱石は概ね次の系統によつて製造工場に送られる。



軽便索道は地形と丁場の位置に応じて長短様々であり，最長 900m（飯盛鉱山），普通 200～400m 前後である。又，丁場とトラック積込場との距離が著しく長い爲，途中に中断所を設け軽索を数段にして搬出しているところもある（例：多紀郡深田福井山，柿原柏原山）。軽索の傾斜は 15° 乃至 30° である。木樋を使用しているところは少い。

トラック運搬は市島酒梨地区では 4～8km，河合，鴨庄地区等では 15～20km，殿山附近では 4～6km である。自家用車及び国営車が利用されている。

丹波地区に於ける各長さの軽索の数を次に示す。

	—100m	100～200m	200～300 m	300m +	計
索道本数	10	14	5	14	43

（品川飯盛は軽便索道の長さ約 900m であり，柏原に於ては比高余り高く距離の長いために三段に軽索を分ち，間に中継所を設けている）

11. 現況・出鉱量其他

	多紀		芦淵川合		鴨内		鴨庄		柏原		梨市島		殿田		山国	
	休	稼	休	稼	休	稼	休	稼	休	稼	休	稼	休	稼	休	稼
住　野	3	2														
日鉄畑	11	2														
深　田	2	2														
ハリヤ	3	5											2		4	
山　名	2	1					1				1		1			
日　新	2	4														
柿　原	1	1	2	3			1	1	2	1						
篠　山	4	4											1		1	
土　井	2		4	7							6	9	1		1	1
カガ山	4		4	5			2	1			1	1	4			
富　士	1		3		1		1				1	2	1			
旭			2	1												
掘			8													
三　木							1				1	2				
品　川					2						1	4	2		1	
宮　垣					1	2										
その他	10	1	24		1		4		6	1	11	1	10	2	8	
合計	42	22	47	16	8	6	7	5	8	2	20	21	22	2	15	1

稼＝稼行鉱床……約　170
休＝休山又は未開発鉱床…約　75

昭和 24 年 8 月現在の状況は次の通りである。

（1） 業者別稼行及び未開発山休山丁場数（若狭・飯盛を除く）

表示すると次の通りである。

（2） 出　荷　量

各山の出鉱量は明かでないので出荷量を以てこれに代える。

（a） 業者別出荷量及び主な仕向先（昭和 24 年 6月現在）

主な業者名	自 23 年 4 月 至 24 年 3 月	自 24 年 4 月 至 〃 6 月	主 な 仕 向 先
若狭珪石	24,939t	11,765t	日鉄・黒崎・品川・三化・日鋼
加賀山珪石	20,530	3,836	日鉄・品川・三化
土井珪石	17,066	4,673	黒崎
鳥山珪石（佳野）	10,139	2,680	日鋼
山名珪石	8,123	2,331	日新耐火
篠山珪石	7,841	1,969	品川
富士珪石	7,595	3,531	黒崎
柿原珪石	6,855	2,882	日鉄
品川飯盛	6,277	約 1,800	品川
品川酒梨	1,891	518	品川
日鉄畑	5,936	2,469	日鉄八幡
日鉄広畑丹波	3,861	736	日鉄広畑
三木珪石	2,839	704	日新耐火
丹波珪石	2,704	1,256	日鉄・黒崎
深田珪石	2,627	925	日鉄・九州耐火・日鋼
臼井硅石	1,920	934	大阪窯業
その他	9,423	5.975	上記各所
計	140,764	48,984	

(b) 地区別及び品質別月平均出荷量

判明の分だけについて表記すれば次の通りである

地区＼品質	特～1級	1～2級	2 級	2～3級	3級以下	計
酒梨	335					335t
市島		300	55	200		555
芦淵川合	100?	460	805	100	55	1,520
鴨庄		60	50			110
鴨内				145	225	370
柏原山畑	850		200	100	55	1,205
村雲大芋	1,538	224	1,335			3,097
山岡	170					170
殿田			40			40
	2,993	1,044	2,485	545	335	7,402t*

* 業者別出荷実績表から概算するとこの値は略々1万t となる。

業者別出荷実績合計と開きがあるのは，各丁場毎の出荷量に未調査のものが多いのと，その記録が不正確なものが多いからである。しかし，凡そその出荷量の割合はこれを窺知できる。そして，これから明かな様に，鉱量に於てもそうであつたが，出荷実績も1級以上と2級以下とは略々相半ばしている。

（3） 労 務 者 数 等

労務者総数 500～600人，一丁場平均約 10 人である

（4） 鉱 石 の 価 格

凡そ 1 級品 1,500～1,600円 /t

2 級品 1,200～1,300円 /t

その他（低品位）1,000円 以下 数100円 /t

特級品は場合により，この価格を少し上廻ることがある。

但し山元駅渡し。

12. 今 後 の 問 題

（1） 品　　質

硅酸分に富み，鉄以外の不純物ができるだけ少いことチャート質角礫の結晶度が適度に粗いことが品質を高め

るとされているが，一方鉄礬比が一つの indicator とされている。すると鉄が比較的多量な場合には Al_2O_3 も亦比較的多量でも鉄礬比さえ低ければよいかどうか一つの問題である。又，鉄礬比と品質と必ずしも平行していない事実をどう説明するか第二の問題である。寧ろ Al_2O_3，CaO等の絶対量の多寡の方が indicator となるのではないか第三の問題である。

品質と鉱床の深さとの関係は未解決であつて，坑道掘りが全般に及ぼうとしている現在，地質鉱床的に解決せねばならぬ問題である。

（2） 鉱床の位置，大きさ，密度

鉱床の形についてはそれぞれの鉱床群に就てその地質的特徴に応じて凡そ予め推定が可能であり，又，鉱床の配列面又は線の位置も極めて概略は推定可能である事は前に述べた。しかし，個々の鉱床の位置を予め推定するには地質構造上何を採る可きか未解決である。恐らくチャートが断層，褶曲による撓みとこれに伴う破砕を最も甚しく受けた部分に生成されたことは確からしいが，その様な部分の地質的の Structural System を組立てることなしには採鉱に直接役立て得ることが甚だ少い。鉱床賦存の密度推定の問題も当然これに関係がある。

現在は止むを得ず露頭或は既知鉱床の賦存密度と個々の鉱体の大きさを略々その儘深部に及ぼして予想を行つているが，本質的には根拠の薄いことである。

（3） 選　　鉱

畑鉱山で採用している水選篩分の方法を広く適用すれば所謂粉鉱も利用可能となり，特に「もめ」や「汚れ」の多い鉱石の採取率と品質の向上に非常に役立つことは明かであつて是非これを実施したい。

又多くの業者の稼行している場所では共同選鉱設備を持つことにより解決が不可能であろうか。

（4） 採　　掘

業者の資金の大小，一つの鉱床群を稼行している業者数の多小等によつて実現は非常に困難であろうが，技術的には，業者の協力により例えば，酒梨・柏原山・鴨内芦淵等，鉱床群賦存個所の比高が大きく，鉱床密度の相当大きいところでは，それぞれの特性に応じて畑鉱山に於ける様に systematic な坑内採鉱と採鉱を行う方が10年～20年を通じて見ると必ず鉱石の可採率と能率は増加する事は明かであろう。

比高の小さい大芋，村雲，川合，鴨庄，市島等に於てはこのような方法を採れば直ちに水準面以下に達するので一部を除いては却つて不利であろう。

（5） 新鉱開発と輸送

大部分の鉱床が次第に露天掘から坑道掘りに移行し，坑道掘りに於ては更に深部へと移行しつつある現在，採掘経費の上昇は，輸送の不便を多少忍びながらも，山国殿田その他未開発地区へと稼行地が移動する傾向も見られる。これは採掘費と運賃を大きな要素とする個々の業者の経営に拘る事ではあるが，資源の保存と有効な利用と言う技術面から見れば，既知鉱床群の深部を先ず前述の方法によつて最も合理的に開発し，新鉱地区では将来再び乱掘を繰返さぬように現在から計画的であり度い。

（昭和 24 年 7.8 月調査）

文　　献

(1) 小野山武夫；篠山盆地地質概観 地球 vol. 16,No. 3.

(2) 上岩寅次郎：綾部附近の珪石に就て，水曜会誌 vol. 10, No. 7, 昭 18 年

(3) 上木正二：珪石煉瓦用原料珪石に就いて，耐火物年鑑，第4巻，昭 18 年

(4) 高良義郎：珪石煉瓦原料珪石に就いて，鉄と鋼，vol. 28, No. 5. 昭 17.

(5) 黒崎窯業株式会社：珪石耐火物，昭 24.

(6) 上木正二：原料珪石の分類に就て，耐火材料，vol. 6.

(7) W. H. Twenhofel: Principles of Sedimentation, 1939.

(8) N. L. Bowen: The Broader Story of Magmatic Differentiation, briefly told., Ore Deposits of the Western States, Lindgren Volume, 1933.

(9) Geology and Economic Minerals of Canada, Geol. Surv. Economic Geol. Ser., No.1, 1947.

(10) A. M Bateman: Economic Mineral Deposits, p. 150. 1942.

(11) S. Rorce: Iron Ranges of the Lake Superior District, Ore Deposits as Related to Structural Features, 1942.

(12) T. S. Lovering: The Mineral Belt of the Colorado Front Range., Ore Deposits as Related to Structural Features, 1942.

(13) 三宅輝海：緩傾斜鉱体に於ける地下等高線図作製法及びその実例に就て，日本鉱業会誌，vol. 66, No. 745, 昭 25 年.

(14) 小出博：脈に就て，地質学雑誌 vol.　　頁

(15) 岩生周一："赤白" 炉材珪石鉱床に関する二，三の問題，日本鉱業会誌，vol. 66, No. 748, 昭25年

553.44: 550.8 (521.41) : 622.1

新潟縣飯豊鉱山鉛亞鉛鉱床調査報告

主として地質構造と鉱床との関係について

伊藤昌介*　　富田光孝*

Résumé

Report of Lead and Zinc Deposit of Iide Mine in Niigata Prefecture, with Special Reference to the Structural Control of the Ore Deposit.

by

Syōsuke Itō & Mitsutaka Tomita

General geology, type of the deposits, ore reserves, and depth of lead—zinc precipitation are briefly summarized.

1. 緒　　言

昭和24年6・7月約30日間新潟県飯豊鉱山の鉛亜鉛鉱床を調査した結果を報告する。本報告は野外観察の資料のみをまとめたもので，室内研究は未だ行つていない。

本調査の地形測量は本所西村幸四郎が担当した。本調査に協力された現場職員の方々に深甚の謝意を表する。

2. 位置及び交通

本鉱山は新潟県北蒲原郡赤谷村にあり，赤谷線赤谷駅より日鉄鉱業赤谷鉱山線の便があり，鉱山事務所はその終点附近にある。赤谷鉱山線は積雪期には不通となつて鉱石の輸送が停止する。又地形急峻の為雪崩等の被害が多い。

3. 沿革及び現況

本鉱山発見の歴史は極めて古いが，明治初年以来銅山として稼行せられ，主として小岐坑を稼行し，大正年間以後亜鉛鉱山として飯豊鉱を稼行している。現鉱業権者日本曹達株式会社により稼行され始めたのは，昭和9年5月である。

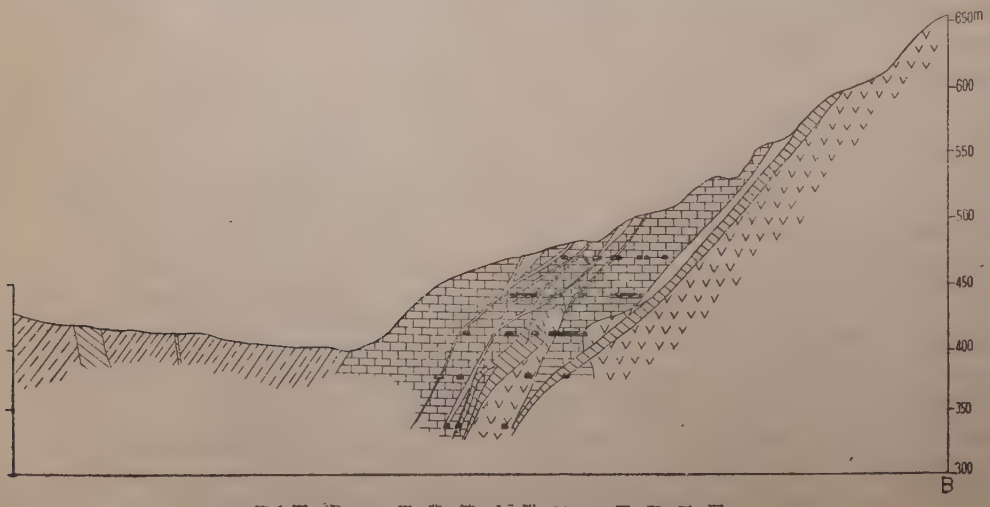
一日出鉱量は30～40噸で粗鉱品位はPb 0.5%・Zn 5%で游選鉱を行う。選鉱実収率はPb 75%・Zn 77%，その精鉱品位はPb 47%・Zn 59%とのことである。

鉱業権者：日本曹達株式会社
所在地：東京都
鉱区番号：新潟採掘登録第819号
鉱　種：金・銀・銅・鉄・硫化鉄・鉛・亜鉛

4. 地　　質

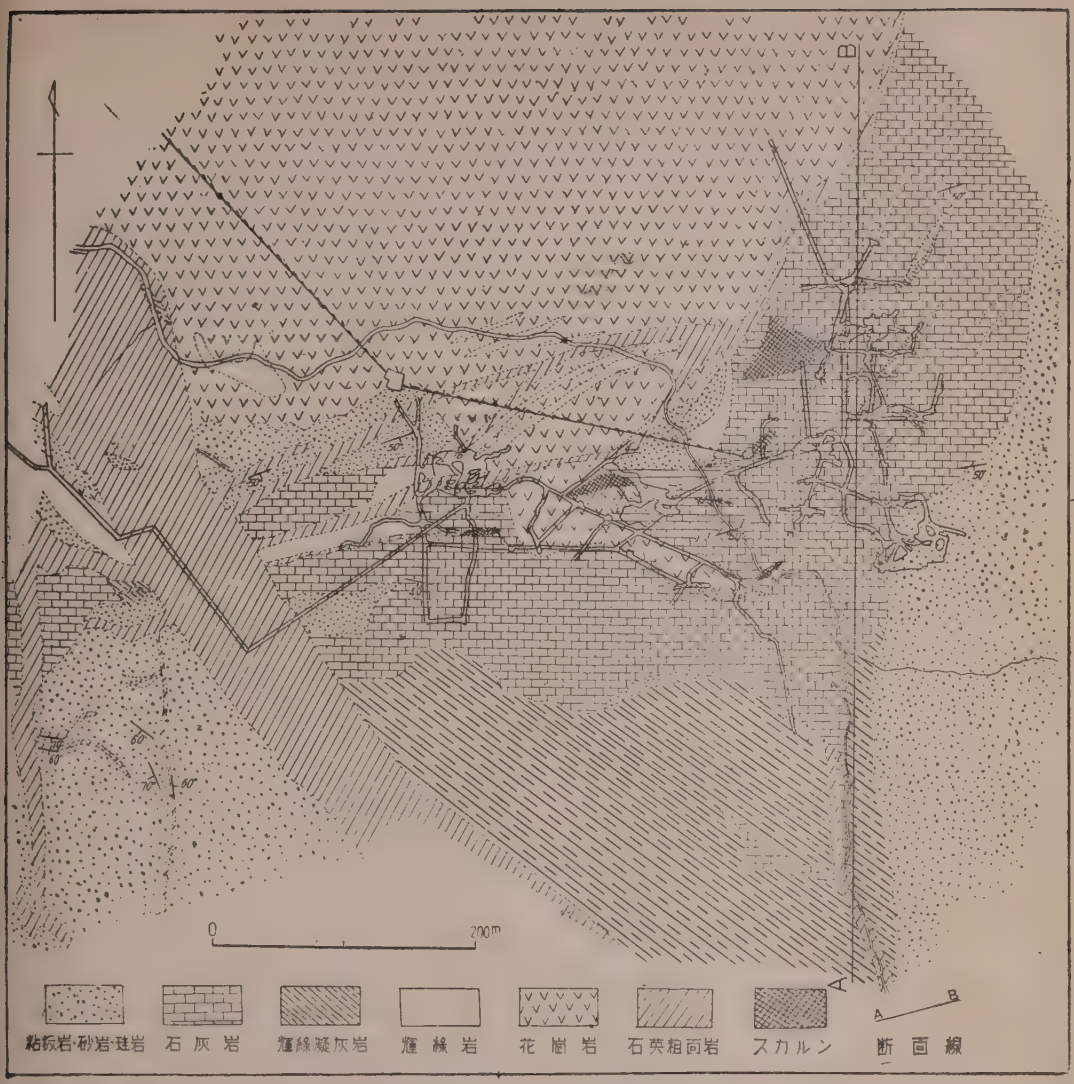
古生層（石灰岩層・砂岩・粘板岩・珪岩・互層・輝緑凝灰岩）を基盤としこれに輝緑岩・花崗岩・石英粗面岩等の火成岩の迸入を見る。スカルンは花崗岩の迸入によつて生成され鉛亜鉛鉱床は石英粗面岩岩脈の貫入後に生成されたものと考えられる。

古生層　砂岩・粘板岩の互層の間にレンズ状の石灰岩層が存在する。石灰岩は粗粒結晶質で砂岩・粘板岩の



第1図（B）　飯豊鱗山附近地質断面図

* 元鉱床部員　地質調査所月報　第2巻　第3号　昭和26年



第1図（A）　飯豊鑛山附近地質図

層理に平行な黒色の縞が見られ，変質を受ける前の層理を示すものと考えられる。

輝緑岩　石灰岩の黒い縞に平行に貫入しているのが普通である。

花崗岩　捕獲岩として輝緑岩を含み，石灰岩中に岩頸状に貫入している場合もある。岩頸には局部的に半花崗岩質の部分もある。花崗岩の与えた変質作用は余り顕著ではないが，石灰岩を粗粒な結晶質石灰岩に変化させていること，粘板岩中に局部的に黒雲母の点紋が見られること等の程度である。スカルンは輝緑凝灰岩や花崗岩と石灰岩との境界及び裂罅に沿つて石灰岩を交代している。スカルンは主として珪灰石・珪灰鉄鉱より成る。下部は主として珪灰石のみから，又上部は珪灰鉄鉱（僅かに石英・方解石を伴う）のみから成るが，時には珪灰鉄鉱が脈状に珪灰石を貫く場合もある。なお柘榴石・絲簾石等も存し，これらは屢々赤鉄鉱により交代されている。

石英粗面岩　本岩は花崗岩及び古生層を貫ぬいて現われ，又これと同種と思われるものが調査地域から稍々離れている場所で第三紀緑色凝灰岩を貫ぬいて出ている。なお本岩に含めたものの内には肉眼的に石英の斑晶が明瞭に見えず，安山岩の疑あるものがある。地質図で見られる大きな石英粗面岩岩脈は断層に迸入したものと考えられる。

5. 鉱　　床

銅を稼行した小岐坑と現在鉛亜鉛を採掘している飯豊坑がある。これら鉱床の一般的な胚胎状況は，石灰岩と異種岩との境界及び石灰岩中の裂罅に塊状及び脈状をなして胚胎されるが，後者の場合は規模小さく稼行に耐えるものは少ない。

小岐坑に於ける銅鉱床は総べて採掘済であるが，緑泥石脈中に黄鉄鉱の大晶（時に直径 4 cm を超える）が脈状に連なつて存在するのが見られる。これに伴う黄銅鉱を採掘したものと考えられる。

飯豊坑の鉛・亜鉛鉱床は前記緑泥石中に小塊状及び鉱染状を為して存在する場合と，緑泥石を全く伴わず，神岡鉱山に於ける白地に酷似した産状を示す場合がある。塊状鉱石は閃亜鉛鉱を主とし，方鉛鉱・黄銅鉱・石英等の混合よりなり稍々粗粒である。

鉛亜鉛鉱床の深さに関しては，下一番坑では花崗岩の発達が著しく，大成坑で優勢であつた鉱石は黄鉄鉱・石英が著しく増して閃亜鉛鉱が激減しているので，下一番坑が大体鉱床の下限と考えられる。一方鉛が非常に強かつたと云われる置鮎坑が上限と考えられるので，鉱床の深さは大体 160m 位と見られる。

この深さは太良・葡萄等の鉛亜鉛鉱脈の深さと一致する。主な鉱体は 2 個であるが，部分的な小鉱体も多い。

鉱床の成因は大体次の如く推察される。主として石灰岩と火成岩との境界面に外力により剪断裂罅が生成されこれを通路として鉱液の上昇があり、剪断裂罅の特徴としてこゝに交代作用を起して沈澱したものと考えられる。

鉛・亜鉛鉱は石英粗面岩に接しても存在するので，前述の如く石英粗面岩が第三紀のものであるならば，本鉱床生成時代も第三紀とみなされる。又組成鉱物も葡萄鉱山に於ける場合と殆んど同じであることから，葡萄鉱山の鉱床を生じたと同種類の鉱液によつて生成されたものと考えられるが，母岩が石灰岩であることと剪断裂罅に沈澱した事とにより，葡萄の鉱床とはその形態を異にする交代鉱床が形成されたものと考えられる。

6. 探鉱方針及び鉱量

前述の如く下一番坑以下は余り期待出来そうにもないと考えられ，又石灰岩は西部では分布範囲が狭つているので，結局未探鉱地域と思われるのは石灰岩の北部と見られるが，表土が厚いため石灰岩の分布状態さえ確実には判明していない。なおこの種鉱床にも太良・葡萄で見られたような鉛・亜鉛晶出帯を考えるならば，北部が非常に高くなつているから，飯豊坑に於ける置鮎坑と下一番坑の間の水準に於ける探鉱が有効ではないかと考えられる。

飯豊坑の現在稼行区域でも本鋪等のような大きな鉱体は今後望めないにしても，石灰岩と火成岩との境界に於ける探鉱は極めて有望ではないかと思われる。

鉱量は，確定として見込まれるのは，本鋪の大成坑と下一番坑の間を主とし，今後の探鉱によつて或る程度の鉱量の増加は充分期待出来る。

7. 過去の生産額

年次	粗鉱 出鉱量	粗鉱 品位	亜鉛精鉱 生産量 (t)	亜鉛精鉱 品位 (%)	鉛精鉱 生産量 (t)	鉛精鉱 品位 (%)
1934	970	Zn 11.50	151	38.7	—	—
5	2,550	〃 14.70	724	36.3	—	—
6	5,396	〃 13.00	1,348	40.0	—	—
7	12,015	〃 10.00	1,711	41.0	—	—
8	14,908	〃 8.60	1,443	41.9	—	—
9	11,930	〃 5.00	1,247	44.2	—	—
40	22,625	〃 4.40	1,978	44.0	—	—
1	25,600	〃 5.00	2,539	44.7	11	53.9
2	25,692	〃 8.21	3,820	46.9	—	—
3	31,724	〃 7.42	4,373	47.1	221	57.1
4	20,985	〃 6.31	2,468	45.9	401	54.9
5	158	Cu 0.97	—	—	—	—
	3,191	Zn 7.10	420	46.0	39	57.0
6	6,457	Cu 0.63	—	—	—	—
	2,149	Zn 4.89	170	42.5	—	—
7	7,398	〃 5.49	722	43.2	78	50.2
1948	7,417	〃 4.65	602	44.7	63	50.7

年次	硫化鉄精鉱 生産量 (t)	硫化鉄精鉱 品位 (%)	銅精鉱 生産量 (t)	銅精鉱 品位 (%)	鉄精鉱 生産量 (t)	鉄精鉱 品位 (%)
1934	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—
6	31	40.0	—	—	43	40.0
7	103	41.0	—	—	—	—
8	106	38.0	—	—	238	57.6
9	—	—	—	—	294	56.6
40	8	46.0	—	—	647	52.0
1	313	43.6	—	—	466	49.0
2	692	45.3	—	—	78	58.0
3	575	45.2	—	—	—	—
4	57	44.3	—	—	—	—
5	—	—	8	14.2	—	—
	—	—	—	—	—	—
6	—	—	320	10.4	—	—
	—	—	—	—	—	—
7	111	44.1	—	—	—	—
1948	122	43.6	—	—	—	—

8. 結　　語

本鉱山は探鉱が非常に遅れており，前述した通りの地質鉱床学的現象を更に吟味して急速に根本的な探鉱方針を立てるべきである。（昭和24年7月調査完了）

553.435.550.8 (523.5) : 622.1

高知県白滝鉱山 含銅硫化鉄鉱床 調査報告 (第2報 白滝鉱山)

吉田善亮* 小村幸二郎**

Résumé

On the Cupriferous Pyrite Deposite of Shirataki Mine, Kochi Prefecture. (2nd Report .... Shirataki Deposits)

by

Zensuke Yoshida & Kōjirō Komura

(1) The Shirataki Deposits, bedded Cupriferous pyritic ore deposits, are found in chlorite schists of the so-called Sambagawa Series, accompanied with thin quartz schists on the footwall.

(2) The ore is compact containing Cu 3.5% and S 44%, which is usually associated with the phyllitic chlorite schists, which are impregnated with pyrite, being contained in copper content less than 0.5%. Sometimes fissure—filling bornite→chalcopyrite—quartz veins are found, running towards N—S and E—W near the folding axes.

(3) The ore deposits make a very complex synclinorium and anticlinorium structure with the axes towards E—W, conjugated with small foldings of N—S axes, dome and basin structure.

(4) Two distinct linear structures are seen in the country rocks. The main linear structure runs towards E-W, and subordinate one towards N—S. The former has a connection with the formation of main folding, and the latter, with the formation of subordinate folding, i.e., the N—S axis fold, dome and basin-shaped folding.

(5) Many a "unit body" of small ore shoot is found on the same horizon in echelon. These are connected each other with impregnated chlorite schists with pyrite, and their orientation is concordant with the main linear structure and main folding axis towards the east, having the pitch angle of 10°—20°, rarely 50°.

* 元鉱床部員 ** 鉱床部

地質調査所月報第2巻第3号 昭和26年

1. 緒 言

昭和23年10月及び翌24年11月の2回各々2週間にわたり高知県白滝鉱山鉱区内の鉱床地質調査を実施し，その結果の一部は既に報告した。[1) 2)] こゝに白滝鉱床について報告する。調査費用の一部は昭和24年度文部省科学試験研究補助費による。

2. 位置及び交通

鉱山事務所は高知県土佐郡大川村字朝谷にある。鉱区は高知県，一部は愛媛県下に跨り，東西約15km，南北約4kmにわたる山岳地帯を占め，交通極めて不便である。鉱山に至るには次の順路による。

土讃線大杉駅－吉野川に沿う県道（バス 34 km 3時間）－大川村高野山道（小車輛を通ず，6 km，徒歩2時間）－鉱山事務所

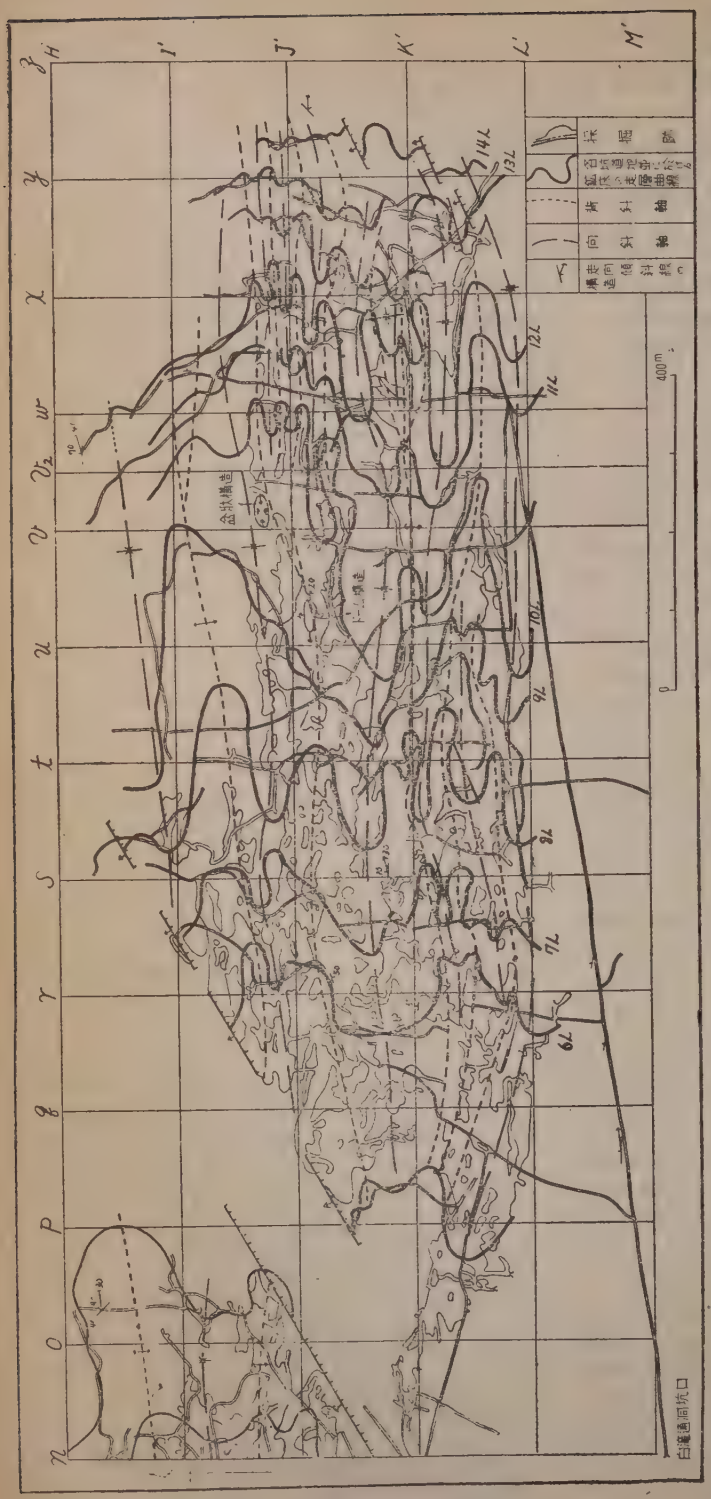
3 沿 革

往時各々独立稼行した白滝，朝谷，大北川，富郷，樅ノ木，大川，下川等の諸鉱山を合併の上，大正元年宇宝合名会社が統轄経営し，山元で製錬を行い，大正7年には山元－伊予三島町間の索道を完成した。大正8年久原鉱業株式会社が買収し，製錬を廃止し，原鉱のまゝ佐賀製錬所に送鉱した。その後日本鉱業株式会社の手に移り今日に至る。

4. 地質概要

鉱区内の地質は所謂三波川系に属する（絹雲母）石墨片岩・点紋（絹雲母）石墨片岩・石墨千枚岩・緑泥片岩

鉱帯名	鉱床名(西より東に)	層間距離
(1) 白滝坑鉱帯	白滝鉱床(富郷坑，谷坑，源坑，白滝坑)	
		580 m
(2)大川上坑鉱帯	大川上坑，久保坑	
		350 m
(3)大川下坑鉱帯	大川下坑，中川坑，谷口坑，中ノ谷坑	
		60～90 m
(4)樅ノ木坑鉱帯	樅ノ木坑，後山坑，押谷坑	
		380～500m
(5) 下川坑鉱帯	櫂山坑，檜坂坑，下川坑	
鉱区東北方の白髪山坑鉱床の層位的関係は不詳。		計 1.370～1.520m



第 2 図　白滝鏡山白滝坑々内図

点紋角閃片岩・緑簾藍閃緑泥陽起石片岩等の互層よりなり，（緑泥，絹雲母）石英片岩・紅簾石英片岩及び局部的に石灰岩等の薄層を介在する。北部には片理に平行に蛇紋岩岩床が貫入する（附図第4参照，続報第3報）

地層は多少は擾乱するが，一般走向 N 70° W～EW，傾斜N 40°～60° の単斜構造を示す。見掛上下位即ち南部には主に千枚岩，石墨片岩，緑簾藍閃緑泥陽起石片岩等が発達し，見掛上上位，即ち大川下坑，樅ノ木坑，以北には主に点紋石墨片岩・点紋角閃片岩等が分布する。一般に南部の地層は比較的褶曲が少いが，北部は著しく褶曲に富み，大川下坑・水谷坑・樅ノ木坑附近に S字型褶曲が，又白滝坑附近に複雑な複褶曲構造が認められる。結晶片岩には一般に線構造がみられ，特に褶曲の著しい岩石に顕著に発達する。線構造の落しは一般に 10° 東に 20° に落し，褶曲軸と平行である。

鉱区内の主要鉱床は 12 に達し，それらは何れも所謂別子型鉱床に属する。これらの鉱床は北部即ち見掛上上位より逐次南部，即ち下位に，東西約 12km，南北約 3kmの区域内に 5 鉱帯をなし，夫々略々同一層位に雁行状に存在する（附図 第1省略。[3]）この中現在白滝，下川の西坑が稼行されている外，本山谷坑，下川にて滑石が採掘され，その他は休山中である。

5. 白 滝 鉱 床

白滝鉱床の開発規模は，東西落し延長約 4,000 m 南北幅員約 550～600m，上下高低差 750m（富郷 4 号坑白滝 15 番坑）最大鉛厚 6 m に達する大鉱床である。現在源坑通洞地並，下 1 ～下 3 番坑，白滝坑 7，10，13，14，15番坑の各坑で採掘し，他は殆んど採掘済みである。

（a） 鉱床の賦存状態

鉱床は緑泥片岩，緑泥千枚岩，脂肪感の強い緑泥片岩（所謂「油肌」）等の緑色片岩中に片理に平行に（屢々僅かに斜交することもある）存在する層状含銅硫化

鉄鉱床で，鉱床に接して時に石英片岩類（所謂「ハブ」）がある鉱体は緻密鉱体，鉱染鉱体及び脈状分枝鉱体の3種に蓋別される。緻密鉱体は普通厚さ数 cm～2m，最大6 mに達し，膨縮に富み，所により 2,3枚に分枝する。その間に緑泥千枚岩，所謂「千枚ドーキン」と称する鉱染鉱体をはさむ。鉱染鉱体は通常厚さ 30cm～1m，時に4～8m に達し，常に緻密鉱体の上盤，所により下盤にも伴い一般に緻密鉱体の探鉱上指示層をなす。

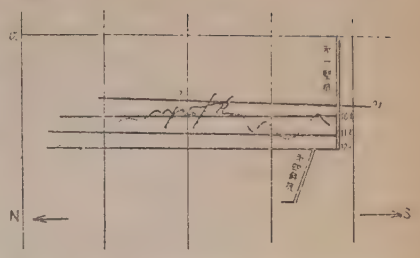
緻密鉱体の下盤の緑泥片岩は，上盤のものに比し概して珪質で硬い。主に石英・曹長石よりなり，絹雲母・緑泥石・陽赤石・柘榴石・磁鉄鉱等を混える石英片岩は，厚さ数 cm～40cmあり，通常鉱床の下盤，時に上盤にも伴い稀に中央に中山として存する。石墨片石類は下盤側10～20mにあり，直接鉱体に接することはないが，時には 1 m 内外に近接することがあり，又稀にその薄層が鉱体の上盤に接近することもある。

（b） 走向・傾斜・褶曲

鉱床の一般走向傾斜は，富郷坑に於ては走向 N70°W 傾斜 N20°，谷坑に於ては走向 N30°W，傾斜NE 30°～E30°を示し，概して褶曲は少いが，源坑更に白滝坑と東方下部に進むに従つて，褶曲は次第に顕著になり，特に白滝坑下部に於ては，背斜鞍部又は翼部に更に複向斜構造が発達する等，極めて錯雑な複褶曲が形成され，所により横臥構造も見られる（附図 第 2，第 3 参照）この褶曲軸は何れも東方に 10°～20°傾斜し，時に水平又は東に 50°程度急斜し，変化が著しい。又源坑下1番坑中段 14 採（採：切羽名）下 2 番坑，白滝坑 10 番坑中段 25 採附近の「ドーム」又は盆状褶曲の外に 13 番坑に NS 軸の小向斜構造等が副成し，一層複雑な褶曲になる。附図 第 2 に示す沿層曲線を基にした褶曲度（各坑道の沿層曲線の全長と，その両端を結ぶ直線距離との比）は，1.2～3.7，総平均 2.3，その中白滝坑 7～13番坑の平均 2.8，富郷，源坑の平均は 1.3 である。

（c） 線 構 造

線構造は通常母岩に顕著に見られ，その方向及び落し角はその附近の複褶曲の方向並に落し角と一致すると共に，後述の如く鉱床の落しとも一致する。然し「ドーム」盆状構造並にNS軸の小褶曲附近の岩石には，主要なEW方向の外，更に NS に走る線構造が発達する。即ちこの2方向の線構造の生成は，NS方向よりの圧力により EW 方向の褶曲軸と線構造が生じ，その後に更にこれと略々直交する EW 方向よりの圧力によりNS方向の小褶曲軸と線構造が副生し，この両圧力の結合の結果所々に「ドーム」盆状又はNS軸の小褶曲が生じたものと解釈される。



第 3 図　白瀧坑東西及南北断面図

（d） 断　　層

断層はすべて褶曲及び鉱床生成後に出来たもので，その中鉱床を切断する比較的大きい断層は次のものがある

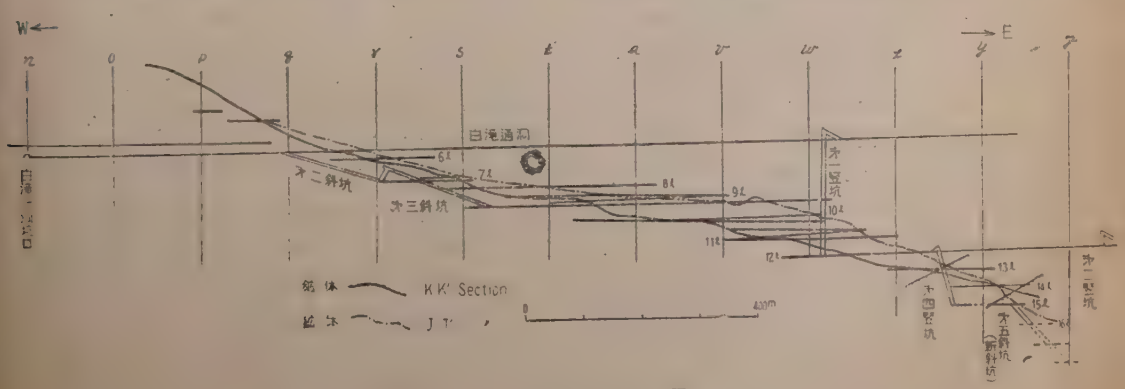
源坑－白瀧坑間の蝶番正断層（走向N50°E，傾斜NW 70°，最大落差 60 m），

谷坑の東端の正断層 2 條（走向N60°E，傾斜NW 65～75°）落差 40m，水平移動 13m），

白瀧坑 13～15番坑蝶番正断層 2 條（走向N40°～50°E，傾斜 N60° と S60°のもの，落差 10～20m以上）

（e） 單位富鉱体

白瀧鉱床は東西に延長する第Ⅰ～第Ⅴ 鉱帯と呼称する 5 富鉱帯が，南より北に平行に，60～90mの間隔を置いて配列する。各鉱帯の各坑に於ける鉱床の厚さは下表



第 3 図　白瀧坑東西及南北断面図

鉱帯名 / 坑名	第 I	第 II	第 III	第 IV	第 V
富郷坑	?	厚さ不詳	平均0,3m	厚さ不詳	厚さ不詳
谷坑	薄い	最大 6m	最大1.2m	最大2.1m	薄い
源坑	厚さ不詳	平均 0.3~0.4m			鉱染鉱体
白瀧坑	厚さ不詳	最大 2m，平均 0.3~0.45m			鉱染鉱体

の如くであるが，各鉱帯は所謂「締め」と呼称する鉱練鉱体又は採掘価値のない細かい塊状鉱体により連絡される。この内白瀧坑 10~15 番坑向にある第II，第III鉱帯に属する富鉱体の大さは，それぞれ延長は約 600 m，幅員（褶曲を展開）は約 150~200m ある。更にこの第III鉱帯の富鉱体は数個の単位富鉱体が雁行状に3列に配列し，而もその個々の落し又はその集合体としての落しは附近の母岩の線構造及び褶曲軸と一致する。この単位富鉱体の大さは延長約 50~100m，幅員約 20~30mの小規模のもので，含銅硫化鉄鉱体と銅分の少い素硫化鉄鉱体の 2 種がある。

（f） 褶曲と富鉱部との関係

一般に褶曲軸部が富鉱部をなすが，反対に翼部が富鉱部になり，軸部が貧鉱部のことがある。又急斜翼部が貧鉱で軸部に富鉱部が発達するに反し，緩斜翼部に富鉱部があり，軸部は富鉱である等，一般に褶曲と富鉱部の位置の関係は一定しない。時に褶曲軸の落しが急である附近には富鉱体が発達しないこともある。

（g） 脈状分枝鉱体

「はね込み」と称する脈状分枝鉱体は一般に褶曲鞍部附近に於て，緻密鉱体より上方に楔状に分枝し，主に斑銅鉱黄銅鉱石英などよりなり，屢々Cu20°~30%に達する厚さ数cm~1m 走向延長及傾斜延長は 5~10mである。その走向はEW系とNS系の 2 系統があり，多くは走向EWである。後者の例として 13 番坑のものは，走向 N10° W，傾斜 E85°，厚さ 30cm~1m，走向延長 35m 以上傾斜延長 30m ある

6. 鉱石．品位．鉱量

緻密鉱：主要鉱物―黄鉄鉱・黄銅鉱・少量の閃亜鉛鉱・磁鉄鉱等，主要脈石―石英。平均品位 Cu3~3.5%，S 44%，精鉱中 Ag 14gr/t，Au痕跡，Pb 痕跡。分枝した塊状鉱は一般に銅分に富み，Cu7~8%に達する。

鉱染鉱：主に黄鉄鉱を伴い，黄銅鉱は微量，品位平均 Cu0.5%以下

分枝脈鉱体：主に斑銅鉱・黄銅鉱・石英よりなり，少量の黄鉄鉱・閃亜鉛鉱，稀に自然銀を伴う。Cu20%~30%

鉱　量：　省略。

7. 総　　括

（1） 白瀧鉱床は所謂三波川系緑泥片岩中に略々整合に存在する層状含銅硫化鉄鉱床に属し，所により下盤に石英片岩類に伴う。

（2）鉱体には主に黄鉄鉱・黄銅鉱よりなる緻密鉱体・鉱染鉱体の外に，斑銅鉱・黄銅鉱・石英等よりなる脈状鉱体の 3 種がある。

（3） EW軸の複雑な主要複褶曲構造と，その後に出来た副次的のNS軸の褶曲並に「ドーム」及盆状褶曲が複合する。

（4） 母岩の主要な構造（方向EW系）の外に，副次的褶曲附近にはこれと関係して出来たNS系の 2 方向の線構造が認められる。

（5） 脈状分枝鉱体はこの 2 方向の褶曲作用に関係して生じた岩石の割目に出来た脈状鉱体である。

（6） 延長 4,000m，幅員 1,000m（展開）に達するこの大鉱床は，略々同一層位上に，主要褶曲軸に平行に而も雁行状に配列する多数の単位富鉱体が集合して出来たものである。且個々の単位富鉱体は相互に貧鉱によつて連絡され，その落しは主要褶曲軸又は主線構造と一致する。

（7） 15番坑以下にも単位富鉱体の集合群が存在するものと予想される。　　（昭和 24 年 11 月調査）

*　　*　　*　　*

文　　献

(1) 吉田善亮：「高知県白瀧鉱山の鉱床の形態について，予報」地質学雑誌，Vol 55，N 0. 648~649，昭和 24 年

(2) 吉田善亮，小村幸二郎：「高知県 白瀧鉱山 調査報告，第 1 報 下川鉱床」地質調査所速報，No.110 昭和 24 年

(3) 坪谷幸六：「高知県，愛媛県下滑石鉱床」地質調査所速報 No.41，昭和 23 年

552.1:545.83

濕式法による石炭中の炭素定量とその應用

尾原信彦* 渡辺和衛** 上野靜子***

Résumé

Rapid Titration Method of Ultimate Analisis (carbon) of Coal and its Application

by

Nobuhiko Obara, Kazue Watnabe & (Miss) Shizuko Ueno

Ultimate analysis of carbon in coal has been newly devised by means of a volumetric, wet analysis, in which coal powder is oxidized by hot chromic acid mixture for 30 minutes under catalytic action of silver and the oxidized substance is titrated by Mohr's salt solution, the consumed quantity of which is multiplied by coefficient (0.60 …… coal, 0.67 ……lignite) and then carbon content in coal is obtained. This result shows quite an approximate value with considerable accuracy in comparison with analysis in hydrogen combustion tube. This new method is applicable to a field survey of coal measures, because analytical process is rather rapid and the apparatus is also more simple and inexpensive.

1. 概　　說

(1) 研究の動機とその範囲

野外に於いて直ちに石炭の品位が正確に判定できる様な客観的な判定法を種々研究した処，Tiurin 法による炭素簡易滴定法を改良して利用すれば，その目的の実現が可能となることが明らかとなつた。なおかねて石炭課長よりもこの種の要望があつたので，多くの石炭課の標本を使用させて頂いたことも深謝する。本研究には非常に長期間に亘る多種多様の化学実験を行い，特殊觸媒(銀)を使用することにより，改良法の結果が，水素燃燒管による石炭元素分析標準法の値と精度に於いて大差のないことが判明し，充分信頼しうる事が明らかとなり，ここに公表することにした。本研究を遂行するに当り，燃料研究所の上野技官佐々木技官には多くの便宜を賜つた。謹んで感謝の意を捧ぐ。

本方法は微量定量に属する関係上，現場で実施するには携帯用化学天秤・携帯用電気坩堝炉・同ホットプレート・同電気乾燥器の外，定量用ガラス器具類若干を持参する必要がある。

(2) 石炭の品位と分類

石炭分類の基礎として工業分析の結果が使用されるのが常である。他方元素分析を行つて石炭中の C・H・O・N・S の成分を比較して品位の判定に使用することも，從来からドイツなどでは行われている。又英国でも Seyler の如く，早くから石炭の元素組成を分類の規準に *置くのが最良であると認めている人もあり，カナダでは両者を並用している。Seyler は石炭の自然係列上の地位を決定するには少くとも二つの独立変数を必要とすることを唱え，純炭分に換算した C・H を直交坐標としたグラフを作り，石炭の品位 (rank) を判定すべきことを唱導した。

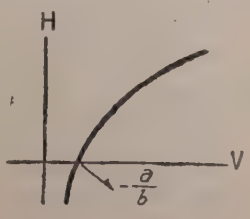
米国の Parr (及びRalston) は，二つの独立変数として，揮発分 (%) と発熱量 (カロリー) とを採用して坐標軸を拵え分類を行つた。

Seyler は Dulong** の式により，或は次の式***

$$H=a+b\log_{10}V$$

により，夫々換算が出来るが，別々に実測を行つて．C—Hグラフに等発熱量線及び等揮発分線を引いた。これらの線 (後二者) は平行直線であつて，C—H グラフの軸に斜交することが明らかにされた。

このグラフ (第1図) はC・H又は揮発分，発熱量の何れか一組を知れば，他の組は直ちに推定できるから，極

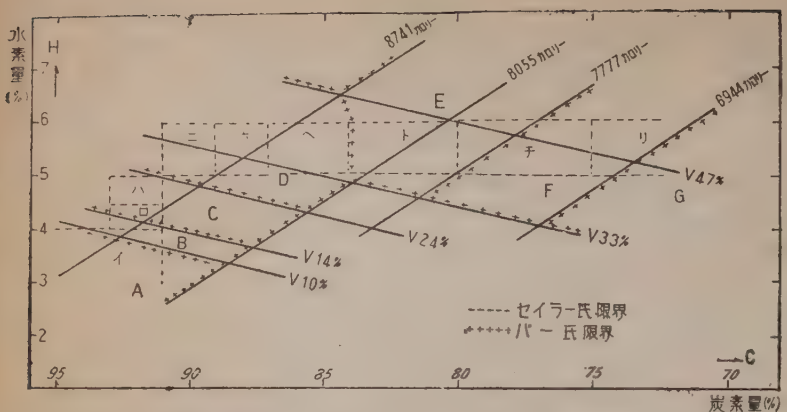


* Seyler, C.A.; The classification of coal. (Transa. Am. Inst. Min. Metal. Eng. Vol. 76. pp. 188—196, 1928) 炭素量 C により次の如く分類している。
無煙炭 C>91%，炭素質炭 C>91%，半瀝青炭 C>91% メタ・オルソ・パラ瀝青炭 C=84～91%，変成瀝青炭 C=80～84%，オルソリグニタス炭 C=75～80%．リグナイト C<75%

** 発熱量=80.8C+344.62 (H−O/8)
C…炭素.H…水素.O…酸素.

*** V は H の指数函数の形で書ける。
即ち $V=10^{\frac{H-a}{b}}$
Hを知つてVをしる。

* 技術部兼任　**地質部　***地質部兼任
地質調査所月報第 2 巻第 3 号　昭和26年



第 1 図　セイラー氏及パール氏石炭分類図表

（ニ）メタ
（ホ）オルソ　}瀝青炭
（ヘ）パラ
（イ）無煙炭　（ロ）炭素質炭　（ハ）半瀝青炭　（ト）変成瀝青炭
（チ）オルソリグニタス炭　（リ）リグナイト
A 無煙炭　B 半無煙炭　C 半瀝青炭　D 東部瀝青炭　E 西部瀝青炭
F サブ瀝青炭　G リグナイト

れから説明する方法は，正にこの原理を実現化することに成功したものといえる。なおこの腐植酸の分子構造は今なお明らかにされていない。酸化される過程に関しても未だ明らかでないことが多い。

この方法の原理は土砂中の腐植をクロム硫酸で酸化させ，未反応の酸化剤（クロム硫酸）をモールス塩（硫酸第一鉄安母）で逆滴定して，C の酸化に消費された $K_2C_2O_7$ に相当するモールス塩溶液の量（c.c）を求め，これに或る係数を掛けCの量を出す方法である。

本研究に於いては石炭の簡易分析法が，操作簡易で而も相当の精度を以て測定される事が必要であつた。これは野外に於て迅速に結果を出して尓後の行動に便宜を与える爲である。従来土壌の腐植定量には屢々過マンガン酸加里による濕式酸化法が用いられたが，これは炭素量によつて係数を変えなければならない点が不便である。本法*はソ聯の Tiurin が1935年万国土壌学会に於てまず発表し，更に Waksman が推しようし，我国に於ても古谷貞治氏がこの方法を用いて本邦の火山地域の土壌の腐植を定量し，原法と比較して o.zn のモールス塩の 1cc がCの 0.68mg に当る事を証明した（Tiurin 氏の係数は 0.6 である）。この方法は重クロム酸加里が比較的純品を得易い事と，熱的分解することがすくないなど，有利な点が多い。ただ Tiurin 法の加熱が，ホットプレート上で沸騰しはじめてより正確に 5 分間という規定があり，C の百分率が 3～20 % 位までの土壌腐植の際はこれで充分であるが，亜炭．石炭級になるとこの規定では未酸化の部分が相当残ると考えねばならない。従つて発煙させぬ様に時間を延長させるために（多く SO_3 が発生して結果が全然駄目になる）．水を注加し，なお酸化促進のため觸媒として $AgNO_3$ 5% 水溶液を用いて，亜炭級ならば 10 分間，石炭級ならば 20～30分間沸騰させる。なおその際の加熱は，野外ならば電気ホットプレート上にて熱すればよい。

このようにしても理論上未酸化の部分が幾分残る筈であるが，これは係数の方で補正する事にするより方法が

めて実用的価値がある。従つて元素分析に立脚した分類は，直ちに工業分析* に立脚した分類に読直すことができる。なおC・Hの値は通常燃燒管を用いることになつているが，尨大な設備と手のこんだ操作を要し，且つ日本の様な濕潤気候の国では，Hの量に誤差が多い由である。

高級炭を除き，Hが大体恒数（5～6）として扱える**から，Seyler のH－Cグラフの利点は単にC丈けを測定すれば大体に於いて石炭の品位の判別はつくことである。

2. 炭素量の簡易測定法（チウリン改良法）

Fieldner 及び Davis(1925)によると***，低級石炭をアルカリで処理すれば，褐色の液を出すから，これを濾紙で濾過して酸化させると，褐色の膠状沈澱を生ずる。高級炭は溶けないが，硝酸の如き酸化剤を用いれば，同様の褐色膠状物****(沈澱)を遊離する。Fieldner は石炭より腐植酸を抽出して計量すれば，石炭の品位（rank）を表示することが可能であると述べている。本報文にてこ

* Parr の分類の基礎たる二変数の中，発熱量はボンプ式熱量計を使えば正確であるが，揮発分の測定値は便宜的な分析法であつて，精度が劣る事を Seyler が指摘している。

** もしHを必要とするならば，石炭の比重を測定して H(%)を出す方法が最近インドで発表されているから，それを用いるとよい。
Whitaker, J.W.; Densities of Indian Coals, No. 1 (Transa. Min. Geol. Met. Inst. India, Vol. 45, pp.113－136, 1949)

*** Fieldner, A.C., & Davis, J.D.; Modern views of the chemistry of different ranks as conglomerates. [Transa. Am. Inst. Min. Met Eng. vol 71 P. 238]

**** 英国ではこれをulmin, 米．佛．独では humin腐植酸などと呼んでいる。

* 関豊太郎: 日本土壌肥料学雑誌 第2巻 299 頁又は，大杉繁: 一般土壌学 229頁，昭和 22年（朝倉書店）を参照され度い。

ない。嚴密にいえば酸化に際し亜炭中の水素も酸化され，又灰分中の金属も酸化されると考えられるから，酸化によつて消費されたクロム酸の量は正確に炭素のみの酸化消費量より多くなるわけである。只水素はその変動（亜炭に於て 3～4%）がすくない事と，供試体の量が僅か 20mg 程度であるので実用上には大した不都合はないのである。簡易法としてはこれ以上の精度を望む事は無理である。

3. Tiurin 改良法の滴定操作

(1) 試薬の調製

a) クロム硫酸液

10g の重クロム酸加里を 250c.c の水に溶かし，よく攪拌して，これに濃硫酸（濃度は大体0.4n）250c.c を加え，濃度を均一にしておく。この液 20c.c をとり，硫酸第一鉄安母液にて滴定し，その滴定数を定めておく。略々 0.4n になつていればよい。

b) 硫酸第一鉄安母液（モールス塩液）

硫酸第一鉄安母 80g に濃硫酸 20c.c を加え，うすめて 1 立とする。これを 0.2n の過マンガン酸カリにて正確に滴定しておく。この試薬は変化し易いから，常に正確に力価を定めておく必要がある。

c) ヂフエニールアミン溶液

ヂフエニールアミン 0.2g を濃硫酸 20c.c 及び水 100c.c に溶解する。ヂフエニールアミンより，ヂフエニールアミンスルフオン酸の方がよい。使用する硫酸中には硝酸の混在しないことが絶体に必要である。

d) 5%硝酸銀溶液.

(2) 試料の準備及びその調製上の注意

a) 供試試料（石炭）は極めて微量であるから，粉砕の際，有機物の混入を防ぎ且つ微粉となし，200 メッシュ篩にて篩分け，105°C にて一晝夜乾燥したもの* を精密に 20mg 秤量し，200c.c の三角フラスコに入れる。なお同時に炭の水分・灰分を定量する場合には，同一時の調製のものを用いる事が必要である。

b) 与えられた試料は完全に粉砕しないと，灰分の多い部分が常に篩残りとなる虞がある。正式にはメノウ製のボールミルを使用すべきであるが，鉄乳鉢と鉄棒で粉末にした。

200 メッシュを通過したものを滴定する必要上，灰分の測定にも 200 メッシュを通したものを使用せねばならない。木質繊維の残つている亜炭は粉砕に際して，繊維分が粉にならず，メッシュに引掛り，炭化分はメッシュを通過するから，値が高く出すぎることがある故，注意を要する。又動力変質をうけた石炭（例，小滝炭，長野炭，大河仁炭）は，同じ炭塊内でも炭化の度合が区々であり，灰分を構成する部分が硬くて，粉砕されにくい。従つて炭化した部分のみ網目を通過してCの値を高める傾向があるから，これにも注意を要する。

c) 四分法　供試体が少量であるので注意して行う必要がある。一般に若年炭は灰分が膠状に拡散しているから，余り大した不規則性が少ない。無煙炭となると灰分が凝集しているので，充分注意の要がある。

d) 抽出 Vitrit と Durit の部分では炭化度が違うので，平均状態としての分析値はそれはそれで意味を持つが，正確な炭層比定には vitrit 部分のみよりなる木質部を分析するのが適当である。

(3) 検査法

試料 20mg の入つた三角フラスコに 20c.c のクロム硫酸液 (a) を加え，小型漏斗にて蓋をして，砂浴上におく。ブンゼン燈があれば，最初は弱く徐々に中開程度とする。沸騰し始めてより，4 分後に d(硝酸銀液) を加え，15 分して冷却させる。これを 1l 入のビーカーに移し，500c.c の水にて稀釈する。この際クロム酸銀の凝固を防ぐため予め稀釈液を若干加えておくとよい。この際三角フラスコ内に残液を留めないように，この 500c.c の水でよく洗滌し乍ら移す。これに 10 滴の C液（ヂフエニールアミン）を加え，よく攪拌し，b液モールス塩にて滴定し，紫色より汚青緑色に変色する瞬間を終点とする。終点は極めて鋭敏であるから見易いが，若し過量に滴定した場合は重クロム酸にて逆定量すればよい。さきに (a)液 200c.c に対する (b) 液の消費量を規定し，この量より滴定に要したモールス塩の c,c 数を差引いたものに係数（亜炭ならば0.67. 石炭ならば 0.60 を乗ずれば求むる炭素量 (C) を得る。

なお Koltov 等の説ではかかる湿式酸化の場合，完全に水と炭酸とにならずCOとして逸出するものがあることを論じているが，かかる強酸性液中に於ては余りそれを考慮する必要がないようである。

(4) 灰分定量について

嚴密な灰分即ち無機分と，有機物の分離は難しい。若年炭中の特殊なもの（例ジャライノール炭）は 11% という灰分の灼熱減量 (Ignition loss) を有するものがあるので，通常の焙焼法による灰分量は大なる誤差を生ずる虞がある。本論文に於ける炭化度*とは無水無灰の純炭の%を以て示すので一層その誤差がひどくこととなる。

---

* 空氣浴中にての105°C乾燥は空氣酸化が行われて CO_2, CO H_2O を生成するので，むしろデシケーターに濃硫酸を入れたもので常温，常圧にて乾燥させる方がよい。

*Seyler の純炭は水分・灰分・硫黄を除いたものとしているから値が少しちがう。

従つて最上亜炭田地区の資料 10 につき Fallmann 氏法による灰分定量と普通焙燒法による灰分の定量とを実施して両者を比較したが，両者は平行関係を示し，相対値として普通法を用うる場合には，不都合がないことが判明した。他の試料中には，炭酸塩の多いもの Pyrite の多いものがあり，夫々補正を施したものがある。

4. 炭素量(C)算出用の係数について

さきに Tiurin 氏原法では，上掲の係数が 0.6 であり，古谷氏の研究では 0.68 が使用されたことを述べたが，今回石炭及び亜炭中のCを出すために，この係数を如何にするかが一つの課題となつた。そこで同一試料を水素燃燒管標準法で得た値と改良法によつて得られた値とを比較してカリブレイションを行う必要を認め，一方に於て当所で採取した最上炭田の試料を燃研に送付して元素分析を依頼し，他方燃研で既に元素分析の終了した試料を寄贈して頂いて改良法を実施して，夫々両方法の分析値を比較してみた。併し乍ら現在の処では，石炭には係数 0.60 を適用し，亜炭には 0.67 を適用するという段階にあることを了承して頂いて，本章ではこの結果に到達する迄の詳しい経緯の説明を行つておく。そこで最初に分析の便宜上亜炭と石炭とを判別しなければならないのであるが，このことはクロム硫酸による酸化が 10 分間以内で終了する（沸騰中の泡が急に停止する時を目印とする）場合は，すべて亜炭級の炭として扱い，係数には 0.67 を適用し，10 分以内では酸化が完了しない場合には，石炭級の炭として扱うこととし，この際には，0.60 を適用することとすれば，正確な C の値を得ることができるのである。

(1) 係数 0.67 の場合について（亜炭用）

ここにいう係数とは，0.2n モールス塩 1c.c. が C の 0.67mg に当るという意味である。前述したように最上亜炭田の試料を燃研に依頼して水素燃燒管により分析して頂いた結果及び燃研にあつた浅川亜炭の双方について，正確な係数算出を行つた。(第 1 表参照) 最上炭の本所における分析は，密封はしていたが燃研に於ける元素分析より半ケ年遅れて行つたので，その間に試料は相当の空気酸化をして灰分が稍々多く出た。従つて等1表にはその灰分補正を考慮して，滴定値を元の状況に復元して計算した。なお最後に，モールス塩の濃度補正をも添加した。即ち最上亜炭は 0.20512n のモールス塩をつかい，浅川亜炭には 0.19982n のモールス塩を使つたので，それぞれ 0.2n の状況に於ける係数に換算して，第 1 表の最終行に

最上亜炭 1 号	0.675
最上亜炭 2 号	0.663
浅川亜炭	0.681

の係数を算定し，3 者の平均値として 0.67 を得た。少数第 3 位を省略して 0.67 を亜炭分析の際の係数とすることにする。

上記の値は，10 分間酸化の場合であつたが，なおとくに浅川亜炭には 20 分間酸化の実験を行つて見たから，参考までにそのデータを掲載しておく。即ち

第 1 回テスト	係 数……0.686
第 2 回テスト	係 数……0.671
第 3 回テスト	係 数……0.681
第 4 回テスト	係 数……0.681
以上平均値	0.680

となつて，10 分酸化の時より，0.01丈け高くなつている。

(3) 係数 0.6 の場合について（石炭用）

亜炭に於ては通常 10 分間で酸化が完了するが，石炭級になると 20 分乃至 30 分の時間をかけないと，酸化が充分に行われない。今 20 分間をその酸化時間にとれば，各種炭については，標準法によつて得たCの値と対応させて，次に示す様な係数を用わねばならない。

炭種及時代	係数	備考
中部鮮新期亜炭	0.68	例…最上炭田の亜炭 上部夾炭層中
中新期石炭	0.60	〃 松江炭 東筑摩炭
漸新期石炭	0.62	〃 常盤炭 佐世保炭
上部始新期石炭	0.64	〃 崎戸・伊王島・美唄炭
中部始新期石炭	0.68	〃 唐沢・筑豊・夕張炭
下部始新期石炭	0.72	〃 三池炭・高島炭
白堊紀・ジュラ紀石炭	>0.72	未酸化部分多くのこり，係数をもつと大きくする必要がある。

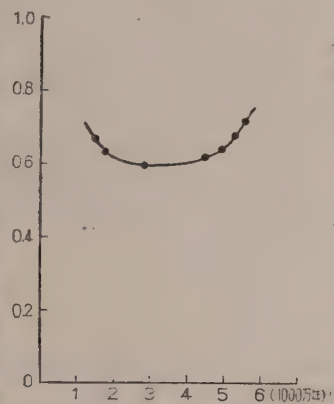
第 1 表

試料	水素燃燒による分析結果* 灰分 A_1 %	炭素 C %	水素 H %	湿式法による分析値** 消費したクロム酸の量 (10mgに対し)	灰分 A_2%	灰分補正値 $r=\frac{A_1}{A_2}$	$V_1=V_2\times r$	係数 $\frac{C}{V_1}$	モールス塩濃度ノ補正ヲ施シタモノ
最上亜炭 1	9.16	58.85	4.53	8.80	9.32	1.0175	8.954	0.658	0.675
最上亜炭 2	83.38	8.28	1.46	1.275	83.70	1.0045	1.2807	0.647	0.663
浅川亜炭 3	30.21	47.73	3.79	7.00	30.21	1.00	7.00	0.682	0.681
	*燃料研究所実施			**著者実施				係数平均値	0.673

下部鮮新期亜炭は，0.64 位の係数になろうと推察される。最上炭田の下部夾炭層の炭（例松橋炭）が略々この時代に該当する。20分酸化の場合の係数と時代との関係を図化すれば，第2図の如くになり，二次曲線の形をとる。中世代以前の石炭には本改良法は現在の処，正確な定量は期し難い。

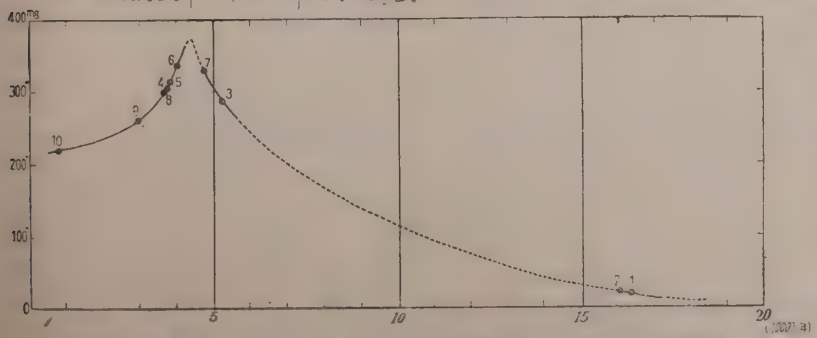
酸化の終点は，煮沸に際し，急激に泡沫の停止することによつて求めているが，正確には，発生するガスを重土水の中に導入して，炭酸ガスの存否を検定すれば，最も合理的である。

なお時代の異なる石炭が酸化に対して如何なる抵抗を示すかを，燃研の城所・白根両氏の※実験から抽出してみる。即ち各種石炭を 27°C～28°Cにて重クロム酸硫酸混合液（1%溶液）中に浸し，100時間作用させ，侵された炭素量のみの%を算出すると（第2表）



第 2 図　各時代石炭につき 20分酸化（チウリン法）を實施した係數の變化を示す図

炭　種	侵された炭素量 mg	炭　種	侵された炭素量 mg
1，ホンゲイ炭（仏印）	17.0	6，鹿町炭	338.4
2，柳口炭	18.9	7，撫順炭	330.3
3，福岡炭	289.1	8，大根土炭	302.2
4，川上炭	300.2	9，千代田炭	258.2
5，北名好炭	305.7	10，木友亜炭	219.0



第3図　各地石炭を 27～28°C の クロム硫酸液（1%）に100時間浸漬して侵された石炭の量とその石炭の生成年代との関係を示す図
1，ホンゲイ炭　2，柳口炭　3，福岡炭　4，川上炭（樺太）　5，北名好炭（樺太）
6，鹿町炭（西北九州）　7，撫順炭　8，大根土炭　9，千代田炭（滑窟）　10，木友亜炭（山形県）

第2表の如くになる。各炭の時代を考慮に入れて，年代をX軸に，侵された炭素の量をY軸にとつて，グラフを描けば第3図の如くになり，2本の曲線の複合した形を示し，即ち（イ）石炭化進行の曲線（亜炭→瀝青炭→半無煙炭→無煙炭…）と（ロ）石炭耐酸度の曲線（古い石炭ほど酸に対して安定している）とが複合して，奇妙な形を呈したものと推察される。この図の意味は，同一時間に於て侵される絶体量であつて，一応試料の炭素量（C）とは無関係となつている。今後この問題のみについて研究を進めようと思つている。

第 3 表

No	石炭銘柄	C	H	Ash	Cal.	Mois	反応時間	クロム酸消費量	係数
		%	%	%		%			
1	田川大塊	60.27	4.47	24.10		—	30分	9.98cc	0.601
2	浅川亜炭	47.73	3.79	30.21	7970	12.60	20分	7.02	0.674
3	田川中塊	51.30	3.91	34.30		—	30分	9.12	0.600
4	三　池	79.10	5.29	3.08	—	—	30分	13.08	0.604
5	高　島	78.10	5.19	6.45	7930	1.66	30分	13.02	0.600
6	崎　戸	70.61	4.93	13.72	—	2.33	30分	11.80	0.620
7	美　唄	68.35	4.80	13.10	6570	—	30分	11.41	0.598
8	大阿仁無煙	73.38	2.55	18.42	6426	3.68	30分	11.25	0.652
9	〃	71.14	2.71	20.35	6350	3.04	30分	10.97	0.648
10	無煙（不明）	49.29	1.86	35.76	4970	6.74	30分	7.23	0.681

さて，クロム硫酸による石炭の酸化が時間の長短に比例することは，既に知られている事実である。高島炭の如き高級炭に要する酸化時間は 30 分位かかる。ここに於て，高島炭より炭化の低い石炭にも一律に 30 分という時間を適用して，係数がどんな風になるかを検定した処第3表の如くになつた。

この実験に使つた試料は，燃研に於て既に元素分析の完了したものであつて，新改良法を実施して，そのクロム酸消費量と燃研の Cの分析値とから，係数を計算して第3表の最後の行に記入した。この表によれば，無煙炭（大阿仁炭）を除き，大体係数は 0.60で宜しいことが明かである。この例では無煙炭は0.65～0.68を示したし，又別に石墨について 40 分間酸化を試みた処，係数を 1.1～1.2 としなければならないようである。この新しい炭素分析法は，銀触媒を用い，硫酸・重クロム酸カリ及び硝酸の混用によつて，反応時間を調節して，

※城所・白根：燃料協会誌　第 92 号 477—496 頁

なるべく係数を一定しようと苦心して上述の様な結果を得た のであるが，なお且つこの様な差が出たことは，やはり炭質の差異（即ちリグナイト・ビチユミナスコール・アンスラサイト・グラファイト）のためであり，化学的に重縮合機構が本質的に相違していることに起因すると考えられる。

亜炭より炭化の進んだ石炭で，高品炭級迄ならば，係数は 30 分酸化で 0.60 を使用して正確に炭素量が得られることは間違ない。最近常盤炭礦の緻本層炭につき，同所で水素燃焼管により出した元素分析値 C=61.15 % に対し，新法に係数 0.60 を適用して 2 回平均にてC=61.07 %の値を得た。即ち精度が炭素量（C）につき，0.1 %以下の誤差であることを証明し，同炭礦の技師に本法の威力を示して来たわけである。

本改良法を利用して，本邦の亜炭及び石炭のCの量を測定した値の一部を，第4表 A.B として掲げておく。

5. 結　　語

1° 石炭中の炭素量Cの元素分析を行うには，通常水素燃焼管を使わねばならないが，その設備は尨大且つ高値であつて，その操作も決して簡単ではない。これを簡易迅速な濕式容量分析で代替すべく，土壌中の腐植の定量に使う Tiurin 氏法（クロム硫酸酸化法）を改良して石炭分析に応用した。

2° Tiurin 氏法を石炭酸化に適用するには，土壌腐植と違つて幾多の困難があつたが，銀の觸媒を利用することにより，所期の目的を果し，精度も極めて良好であつた。

3° 炭素量算出のための係数に就ては，亜炭には0.67 石炭には 0.60 を使用して，而も精度は水素燃焼管法に劣らないことを立証した。

4° 本改良法は操作も器具も簡単であり，野外用として利用できる長所をもつているから，地質調査の現場の近くで多数の石炭標本につき炭素の元素分析を行うことができ，若し灰分・水分の測定を並用すれば石炭の品位判定及び炭層の比較に迄も応用が可能である。

以　上

第　4　表　A

係数 0.67 を使用した本法による亜炭元素分析値及び炭化度

炭田	地点	水分 M %	灰分 A %	炭素量 C %	純炭に於けるCp %	備考
山形県	平野炭坑（川前）	13.7	4.6	57.3	60.1	炭丈 0.60
		7.6	87.0	6.7	51.5	〃 0.50
		8.0	92.0	2.7	33.8	〃 1.90
	（坑道内試料）	25.6	23.6	50.7	66.4	〃 1.67 上部夾炭層
	黒滝—大林—小平	14.6	36.0	43.6	68.1	炭丈 0.72m 上部夾炭層
		21.0	11.2	62.9	70.8	〃 0.30
		20.8	27.3	50.3	69.2	〃 1.10 下部夾炭層
	（露頭，試料）	25.7	42.2	47.6	82.4	〃 0.35 …(木質炭)
最上	舟形村	14.3	35.6	42.3	65.7	炭丈 0.60m 上部夾炭層
		26.0	26.6	53.7	73.2	〃 0.50
		13.9	9.6	63.5	70.2	〃 0.25 ルーズサンド層
	（最上川右岸露頭）	14.0	26.2	55.9	75.7	〃 0.15 下部夾炭層
亜炭田	小松炭坑	—	58.9	28.7	69.8	
	（ボーリングコーア）	—	60.9	30.0	76.7	
	木友炭礦	—	5.0	26.7	28.1	
		—	46.0	39.6	73.3	德永技官採取
	（運搬坑道内切羽資料）	—	12.5	58.2	66.5	
		—	31.0	54.2	78.6	
三重県	十社炭坑	—	65.2	24.9	71.6	深度 15.3m
		—	77.5	15.8	70.2	30.1
員弁炭田	（ボーリングコーア）	—	8.3	68.7	74.9	31.8
宮城県	日東三本木炭礦	—	2.8	73.7	75.8	深度 123m（木質炭）
三本木		—	29.8	54.0	76.9	129 （〃）
		—	6.0	73.7	78.4	150 （〃）
亜炭田	（ボーリングコーア）	—	3.9	77.6	80.7	160 （〃）
東京都	入間川畔	—	9.8	72.1	79.9	上層（木質炭）
青梅町		—	79.8	13.4	64.7	下層（〃）
附近	（露頭試料）	—	63.9	29.2	80.9	下層（〃）

炭田	地点	水分 M%	灰分 A%	炭素量 C %	純炭に於ける Cp%	備考
仏子層	武蔵野炭礦	—	11.0	70.3	79.0	本層（木質炭）
		—	63.7	27.3	75.2	本層（〃）
内炭層	東京炭礦	—	4.9	73.1	76.9	本層（木質炭）
川崎市	所内ボーリング	—	4.9	56.3	59.2	深度 21m
		—	79.5	13.4	65.4	102
溝の口	試料中の木片	—	13.9	56.4	65.5	118
		—	19.6	56.4	71.0	132

第 4 表　B

係数 0.60 を使用した本法による石炭元素分析値及び炭化度

炭田	地点又ハ銘柄	灰分A	炭素量 C	純炭における Cp	備考
北海道白糠炭田	春採本層	9.4	72	79.5	古第三紀（漸新期）
	白糠	9.5	72	79.7	〃
		11.8	70	81.8	〃
	雄別オーナイ沢	11.2	70	80.8	〃
	尺別軍馬	15.1	66	80.9	〃
	〃 大曲	12.3	70	81.7	〃
	〃	1.4	81	90.5	〃
	白糠	23.1	58	74.1	〃
常盤炭田	好間炭 1	73.31	8.5	31.9	炭質頁岩
	2	16.11	69.7	82.8	木質部 古第三紀（漸新期）
	3	15.65	67.2	79.6	輝炭部
	4	33.84	53.5	80.8	輝炭部
長野炭田	山清路炭礦	32.60	50.4	74.8	中新期
	塚原〃	13.25	42.0	48.4	〃 新第三紀
	戸穏〃	20.18	52.5	65.8	鮮新期下部
五日市炭田	小庄炭	41.18	46.8	79.5	中新期 新第三紀
	西戸倉炭	62.20	32.4	85.7	ジュラ紀？
	〃〃	77.72	19.5	87.5	ジュラ紀？
紀伊	宮井統炭 1	81.5	12.3	66.3	新第三紀 中新期
	2	9.7	59.4	65.6	火山作用ヲウク
	3	50.0	28.5	56.8	
	4	41.7	45.3	77.7	
松江炭田	山陰炭礦（ボーリングコーア） 1	82.8	10.3	56.5	深度 26.3m
	2	62.0	20.7	54.5	33.6m 新第三紀
	3	15.9	58.0	69,0	39.0m 中新期
	4	35.6	50.3	78,0	42.0m
北九州佐世保炭田	日満日野炭礦 1	26.5	62.1	84.4	古第三紀 漸新期
	2	20.3	61.7	77.7	
	3	11.4	69.6	78.6	
	4	29.3	54.7	77.2	

速　　報

553.981: 550.8 (521.15)

山形市附近天然ガス調査速報

兼　　子　　勝*　　他7名

Résumé

Natural Gas in the Vicinity of Yamagata City

by

Katsu Kaneko and others.

Geochemical prospecting by underground water method for natural gas in the vicinity of Yamagata City was carried out from June to the beginning of August of 1950.

The results abstructed are as follows:

(1) Natural gas dissolved in water exists in the Quaternary sand and gravel beds.

(2) Gas bearing beds can be classified into three groups.

Upper G I	depth	7— 48m
Middle G II (best gas reservoir)		40—105〃
Lower G III		100—200〃

(3) Gas producing area has high contents of dissolved CH_4, free CO_2, HCO_3, NH_4, Ca, P_2O_5. In such area underground water shows low value of pH.

On the contrary, the area of clean water (with on gas) has low contents of dissolved CH_4, free CO_2, HCO_3, NH_4, Ca, P_2O_5 and high contents of NO_2 or NO_3, SO_4, dissolved O_2.

(4) Chemical compositions of gas obtained from Osato-mura, Kurazō-mura and Sagae-machi are as follows: (volume %)

CH_4	55.4—89.2%	N_2	0.0—44.0%
CO_2	1.3—15.6%	O_2	0.0—0.3 (?)
C_nH_m	0.0— 0.03%		

calorific value 4,750—7,650

(5) Estimate of reserves was calculated by saturation method for G II and G III.

Infered Reserves is 284.000.00 m^3 for the area of 63 km^2 (G III) and 38 km^2 (G III) respectively.

(6) In this region, gas is produced by large number of bamboocasing wells, inner diameter of which is 1½″ or so in the present state of exploitation. They are not considered so effective.

Effective devices for exploitation are as follows, according to the suggestion from the present survey;

a) Well casing of large diameter.
b) Strong gas lift.
c) Perfect water-shut-off.
d) Use of perfolated pipe.
e) Reasonable well-spacing.

緒　　言*

昭和25年6月5日から8月5日に至る2月間，山形県山形（村山）盆地南半地域の天然ガスについて地下水法による地化学探鉱を実施した。

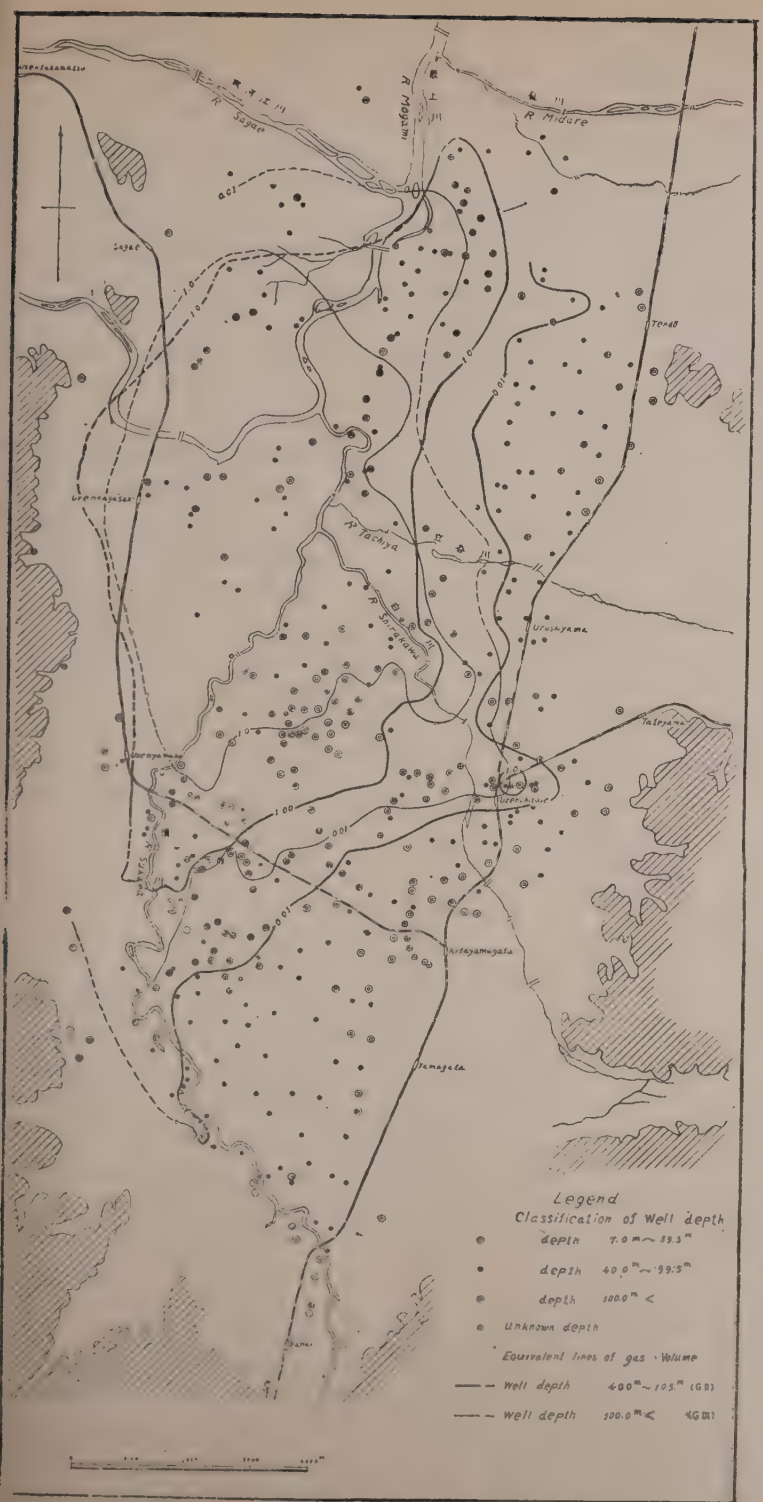
現場における坑井調査には本島，品田，安達（山形県技師）が当り，実験室内の地下水分析には石田，前田（1ヶ月交替，）長岡，高橋（山形県技師）が従事し，ガス分析は加藤，後藤（1ヶ月交替）の両名がこれに当つた。なお総括研究には兼子，金原，本島，品田が当り作業は現在進行中である。従つて本速報に続いて本報告を発表する予定である。

調査地域の北端は寒河江町（さがえ）—溝延（みぞのべ）村—成生（なりう）村—天童（てんどう）町を連ねる線で，南縁は奥羽線金井駅に達する。調査地の東西は約 11km，南北は約 22km，面積は約 200kmで，この中に約 900 の測定点をとつて調査した。測点にはでき得る限り既存の径 1½″ 前後の竹管を降下してある自噴井を利用し，万やむを得ぬ場合に限つて非噴井及びスパイラル・ボーリングによる深度 2.0～3.5 m の鑿孔を用いた。坑井所在地においては地下水の水温，pH，遊離 CO_2，HC_3，NO_3，HCl，水中溶存 CH_4，ごく少数例については水中溶存 O_2 を測定し，またガス量，水量，気象状況，坑井経歴を測定または聴取した。実験室内では坑井から採取した水について NO_2，NO_3，KM_nO_4 消費量，Ca，P_2O_5（一部について実施）をガスについては CH_4，CO_2，O_2，C_nH_m，残余気体（主に N_2）とを定量

* 燃料部長　　**金原均二，石田興之助，本島公司，品田芳二郎，前田憲二郎，加藤甲王，後藤隼次

地質調査所月報　第2巻第3号　昭和26年

* 山形縣の依託調査。山形縣の発表許可を得た。



第1図　山形市附近天然ガス調査図
坑井ガス量分布図

分析した。

本調査に際しては山形県庁当局殊に鉱業課の援助の外，山形天然ガス林式会社，川崎医療製作所，天童天然ガス林式会社及び現地各市町村の協力によつて調査日数も短縮することを得た。記して感謝を表する次第である。

1. ガス徴分布地域〔第1図参照〕

本地域の天然ガスは山形盆地内に堆積する第四紀層中に存在し，その徴候は北は西根村日田，西は山辺町，南は柏倉門伝村高木，東は楯山村下柳に至る間にみられ，東西約7km，南北約16kmにわたつて存在する。

ガスは主として堀抜井戸中にみられ，その量は自噴井にあつては日産0.001～55m³/dayである。東側山地に近い馬見ヶ崎川，立谷川，乱川扇状地域及び南部の須川流域，北部の寒河江川流域にはガスがみられない。即ち産ガス地域は現在の地形の低所を占めている。

現状において日産ガス自噴量1m³以上を示す坑井の存在する地域はGII層（後述するが深度40～105m）については北は寒河江町本楯北方及び成生村窯野目，西は山辺町，南は金井村多屋，東は明治村澁江に至る東西5.5km，南北15.5km，面積63km²である。

GIII層（深度100～200mの層）については北は寒河江町本楯北方西は山辺町，南は大郷村内表，東は明治村澁江に至る東西5km，南北7.5km，面積38km²である。また0.01m³/day/well以上のガス産出地域は，GII層については81km²，GIII層で66km²に及ぶ。この地域内のガス水比は理論飽和量に等しい数値を示すものが多い。

2. 山形盆地の地形及び地下地質

山形盆地は東西10～20km，南

第2図　山形市附近天然ガス調査図
水中溶存メタン分布図

北約40km の細長い盆地であつて，標高は南方及び山形市街地で 140 m，北方で 80m前後である。最上川は寒河江町南方を東流して盆地内へ入り，寺津村附近で北流する須川を合し流路を北に転じて新庄盆地へ至る。盆地の東側には，南から馬見ヶ崎川，立会川，乱川の三扇状地が発達し，その半径は 8~12km 前後である。これらの地形はガスの賦存状況と密接に関係している。

山形（村山）盆地にはガス井，飲料用井，灌漑用井が掘鑿されているが，地質柱状図の保存されているものは僅少で，地下状況の詳細は知り得ない。地域内にみられる最深井の深度は 211m である。

盆地内の第四紀堆積物は，主として粘土，礫，砂からなり，一般に北部及び東部においては礫が，南部においては粘土が多い。通常 2~10m 程度の互層をなしている。

当地域のガス層を深度によつて下記の三つに大別した。

GI	深度 地表下	7~ 48m
GII	〃	40~105m
	上部 GIIu	40~ 80m
	下部 GIIL	55~105m
GIII	〃	100~210m

GI 層は北部の寒河江町，寺津村，明治村，蔵増村方面においては礫層として存在しガス及び水を産するが，南部地域には本層の発達はあまり良好でなく主に砂礫層からなり，南沼原村東部では本層から清水を出している。GI 層は下部の地層に比べて細粒のようである。

GII層は地域内の主な産ガス層で礫の発達のよい上部のGIIuとしからざるGIILとに二分できる。GIIuの基底の深度は大略下記のごとくで，長崎町文新田において最深となり四周に浅い傾向がみられる。

長崎町文新田	地表下	79m	前後
寒河江町本楯	〃	60	〃
長崎駅附近	〃	69	〃
大郷村中野	〃	54	〃
大郷村内表	〃	49	〃
漆山駅附近	〃	53	〃
高擶村	〃	58	〃
天童町	〃	49	〃

GIIL層は比較的粘土に富み，礫層の厚さは 2～5 m で，多くは含礫率 20～50% である。

G III 層は深度が大きいため，これに達する坑井は比較的少いが，成層状態はGIILとよく似ているようである。

第四紀層の下には第三紀の水成岩を主とする地層が来ることが期待されるが，その深度，岩質，ガスに対する影響等については未知である。

3. 天然ガスの性質 〔第2図参照〕

本地域に産するガスは CO_2—N_2—CH^4 系の通常の可燃性天然ガスで，その化学組成は地域，層位，坑井年令によつて差異が認められる。

一般にガス田の中心地域のガスには CH_4 と CO_2 とが多く，端部には N_2 が多い。

CH_4 の濃度 80%以上のガスを産しているものは，GII層については寒河江町本楯，蔵増村，明治村中野目，山形市長町，金井村吉野宿，長崎町に囲まれる約50km²の地域で，G III 層については寒河江町本楯，寺津村，明治村澁江，大郷村中野，大郷村鮨洗北方，長崎町に囲まれた約 30 km の地域である。一般に地域南半では G II 層は G III層よりも良質のガスを産している。

長崎町及び蔵増村附近のガスには CO_2 が多く 6～17% 前後を示しているが，大郷村のガスは CO_2 が 2～7% 前後で少い（但し稀に 15% 前後を示すものがある。）寒河江町本楯のガスは深度 40 m 前後（浅層）のものよりは 100m 前後の層（深層）から産するものに CH_4 が多く大郷村のガスはその反対で概略的には本楯の浅層と大郷の深層，本楯の深層と大郷の浅層とがガス成分上ほぼ等しい。

地域内の代表的ガス成分を下記する。

所在地	坑井名	深度 m	CH_4 %	CO_2 %	C_nH_m	N_2 %	O_2 %
大郷村中野	10P-1	211	79.4 ～55.4	3.9 ～1.3	0	44.0 ～29.6	0 とする
大郷村中野	山天試12号	73	89.6 ～79.1	7.5 ～5.3	0	14.5 ～3.8	〃
蔵増村	天童天然M—6号	54.8	85.8 ～75.8	15.6 ～9.7	9.6 ～0.0	9.6 ～0.0	〃
寒河江町本楯	川崎11号	35	80.8 ～71.2	5.1 ～1.5	0	26.8 ～14.3	〃
寒河江町本楯	川崎39号	98	89.2 ～78.7	11.4 ～9.4	0.2 ～0.0	10.4 ～0.4	〃

（容量 百分率）

上表の分析結果からすれば本邦産の第四紀層天然ガスとしては，CH_4 の量が多い方である。なお重炭化水素が著量に現われた分析値は調査地域内には一つもない。

4. 水中溶存メタンガスの分布状況〔第3図参照〕

地下水中の溶存 CH_4 量は産ガス地域に多い。飽和度 50%（大界 18cc CH_4/1l H_2O…測定計器の目盛の3%）以上を示す地域は，G II 層については約 63 km²，G III 層については約 43km² を示していて，ガス産量 1 m³/day/wellの地域とはほぼ等しい。又その分布状況，分布地域も (I) に述べたものとやや一致している。

普通には飽和度 50% を越える水の産する所からは，メタンガスを採取できる可能性があるから，この地域内は注目される。

なお自噴井の存在しない長崎町南方地域については，スパイラル・ボーリングを行つて採水して得た地下水について測定した結果を，地下におけるガスの存在が確実である当地域内のある地区について測定して得たデーターをもつて解釈するに，該地域はガスの賦存状況が良好であると考える。

南部及び北東部地域では，G II 層は G III 層よりも産ガス地域が広く，北部の本楯附近では G III 層の産ガス能力が大きい。

5. 地下水の性質とその分布状況

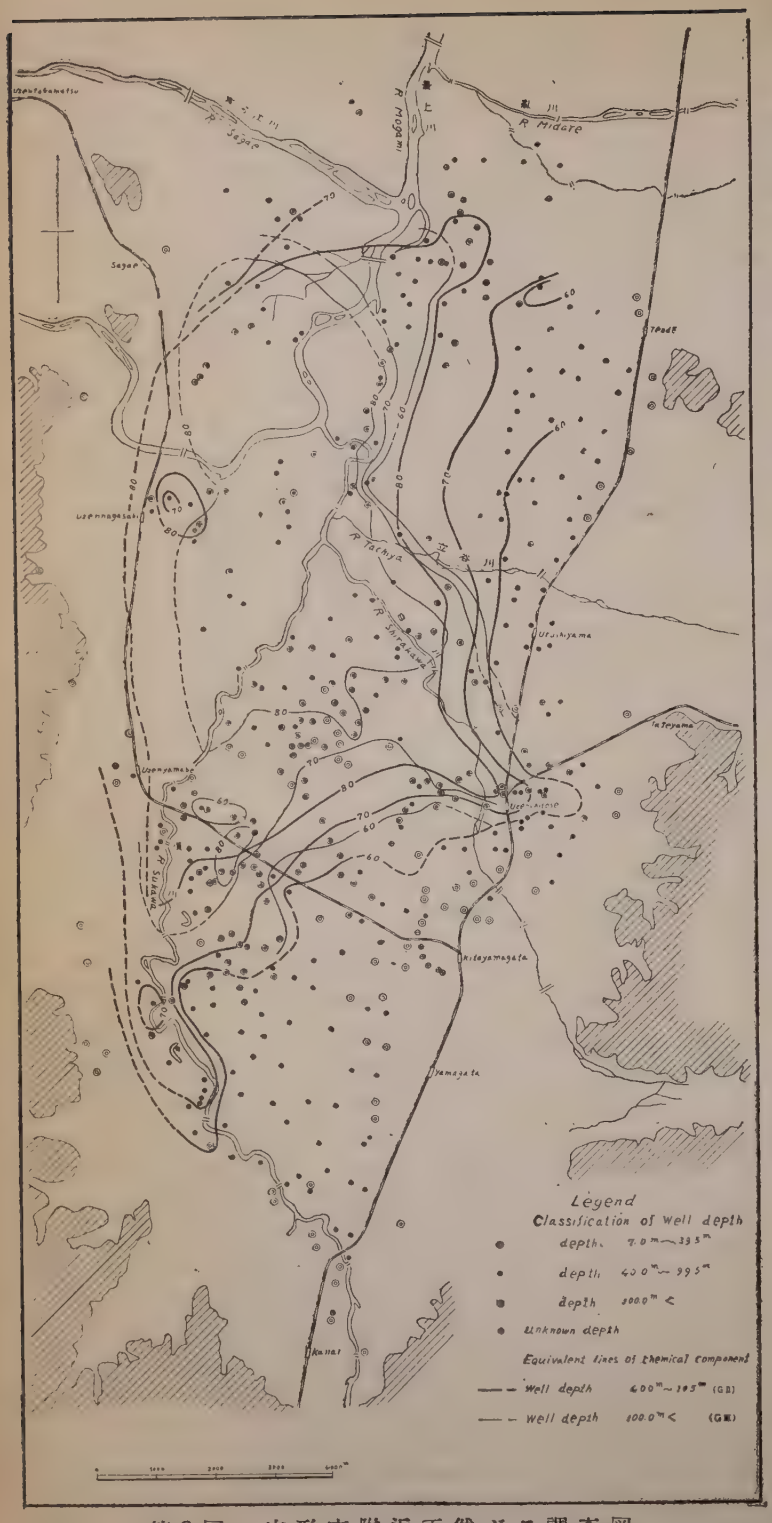
ガスの賦存する地域の地下水には，俗に言う「カナケ」が一般に強く，時には淡褐色で有機物による場合のように着色されたものもあり，NH_4，$KMnO_4$ 消費量，Ca，P_2O_5，HCO_3，遊離 CO_2 に富み，pH 値は低下する。また NO_2，NO_3，SO_4，溶存 O_2 は皆無又は痕跡程度になる。H_2S はガス水中に見られなかつた。

G II 及び G III 層の含ガス水は HCO_3>Cl>SO_4 の関係を示すが，周辺の非ガス地帯では HCo_3>SO_4>Cl の関係を示している。

CO_2 はガス田の中心部において 200 mg/l を越え，伏流水地域では 10 mg/l 以下となる。産ガス地域では 30 mg/l< の値を示す。

HCO_3は産ガス地域で 300mg/l< を示し，伏流水地域では 100 mg/l> が多い。

pH はガス地帯で 6.8> の値を示し，その分布状況はガスの分布状況と似ている。東側の扇状地の水は 7.0< を示すが，南部の水は 6.6～7.0 前後でガスを産せずに



第3図　山形市附近天然ガス調査図
天然ガス CH4 濃度分布図

酸性なのは SO_4…の影響である。

Cl の分布は複雑であり，GII層については南部の非ガス地域に50 mg/l を越えるものがみられるが，ガス地域の多くは 10mg/l 前後で非常に少ない。GI 層最下部ないしGII u層最上部では50mg/l 前後を示すものが寒河江町本楯及び蔵増村西南附近にみられ，この地区ではCl量によつて上下層の地下水を判別することができる。

NH_4 は最高 100 mg/l が測定され，産ガス地帯では 10~50mg/l を示すことが多い。非ガス地帯では 0~1 mg/l程度である。

$KMnO_4$ 消費量は産ガス地帯において 50 mg/l< を示し，ガス田の中心では 100 mg/l 前後である。東側の扇状地の地下水は 30~10 mg/l，時に 3 mg/l 程度の値をもつている。

Ca はガス地帯において 20mg/l <で時に 80mg/l を越えるものがある。その分布状況はガスのそれとよく一致する。立会川扇状地には Ca は少く 10mg/l> である。

P_2O_5 はガス地帯には 3 mg/l< が多く，扇状地水には 2~0.5mg/l 程度のものが多い。

SO_4 はガス地帯には 0~ 痕跡程度であるが，非ガス地帯には 10 mg/l 以上 30 mg/l に達するものがある。SO_4 は一般に地表水に多く，須川の河水では 120 mg/l が測定された。

NO_2はガス地域と非ガス地域との境界に近く痕跡 ~0.1 mg/l 程度が測定される外，寺津村，寒河江町本楯附近に痕跡程度のものがみられる。

NO_3はガス水中にはなく，非ガス地域の地下水にみられる外，地表にごく近い水にも測定される。その量は馬見ヶ崎川扇状地の伏流水に多く 40 mg/l に及ぶものがあり，立会川扇状地北半には 13mg/l

が測られた。

水中溶存 O_2 は3測線について測定したが，ガス地域には 0.5 cc/l＞ であり，非ガス地域では 5～7 cc/l であつて，両者の境界は非常に明瞭であつた。

水温は 12.0～22.0°C の間にあり馬見ヶ崎扇状地の高揚村長岡の水は 13.0°C＞ で冷たく，ガス田中心地域においては 14～17°C を示す。水温は水層の深度に影響される外に地域差がみられ，水温の特に高いのは柏倉門伝村の 15°C＜，出羽村漆山附近の 16°C＜，寒河江町附近の 17°C 等の地域である。

ガス田地域の地下水には還元的性質を示す NH_4 が多く，順次外側に NH_4 が減じて非ガス地域との境界に NO_2 を示し，更に外側の溝水地帯では NO_3 がみられ，且つ SO_4，溶存 O_2 をも存在するに至つて明らかな酸化帯となつてくる。このことは一面当地域の伏流水が強いことを意味するとも考えられ，酸化還元の状態や，窒素化合物の配列状況は興味ある事実である。

地下水の分布状況から互の相関関係を見出してガス探鉱に応用する以外に，ガス成因論の立場からも関心深いものがあるが，一応事実の記載にとどめて将来に問題を残しておくこととする。地下水の性質，自噴状況等についての季節的変化は相当に大きいと期待されるが，これも又将来の研究題目である。

6. 開発に関する意見

当地域の可採ガス賦存地域を G II 層について 63km²，G III 層については 38 km² として，下記の仮定の下に飽和埋蔵量を計算してみる。

層名	深度	含砂礫率	孔隙率	ガス水比
G II	40～100 m	50 %	25 %	1：4
G III	100～200m	35 %	25 %	1：2

G II 層	予定飽和埋蔵量	118,000,000 m³
G III 層	〃 〃	166,000,000 m³
	総予定飽和埋蔵量	284,000,000 m³

同様に推定飽和埋蔵量は

層名	深度	推定埋蔵面積	含砂礫率	孔隙率	ガス水比
G II	40～100 m	18 km²	50%	25%	1：4
G III	100～200 m	28 km²	35%	25%	1：2

G II 層	推定飽和埋蔵量	34,000,000 m³
G III 層	〃 〃	123,000,000 m³
	総推定飽和埋蔵量	157,000,000 m³
	総飽和埋蔵量	441,000,000 m³

これらを当ガス田の大きさを知る一つの目やすとすれば，新潟，千葉のガス田には及ばなくとも充分に開発の対象となり得る大きさを持つている。

現在における天然ガスの採取技術は大口径井，小数井，セメンテーションの実施，孔明管使用，ガスリフトの採用等が一般的なものとなつている。当地域内では現在大郷村中野（山形天然ガス株式会社），蔵増村（天童天然ガス株式会社），寒河江町本楯（川崎医療器製作所）の3社が主として 100m 以浅のガスを開発し，夫々ガス 1,000m³/d（3井），1,000m³/d（70井），2,000m³/d（80井）を産している。当地域におけるガスの単位当り生産価格をごく概略的に計算してみると，所管降入井からの自噴採取が不利なことが判明する。所管井を大口径井に換えるには各々の採ガス層を別なものとし，又は一時的に大口径井から自噴採取を行つて，採ガス量の変化にもそなえる方法が良いと考える。

ガス水に塩分が少い点は排水に有利であるが，NH_4 による農作物の被害がようやく顕著となつてきたから，重点的に良井を作り一井当りの産ガスを増加させることによつて排水費用を節約すべきである。

山形ガス田の特長は浅層にも優秀な産ガス層が存在し単位井当りの産ガス量が大きく，且つ都市が近く利用面にも恵まれていることである，この点を利用して積極的に開発利用をなすべきである。但し前述の各項からわかるように，南部及び北東地域では G II 層より G III 層はガス質が悪く，ガス量も少いためこの点は特に注意すべきであり，北西部の本楯，高屋，長崎町方面では深層を探査する必要がある。

当地域内ではガス開発に利用し得る科学的なデーターの集積は，現在までほとんど行われていない。将来は地下管理のためのデーター，ガス使用のためのデーター等は的確且つ長期間にわたつて測定，記録，保管して合理的開発の基礎としたければならないと考える。

（昭和25年8月）

553.981:550.8 (522.44)

宮崎県加久藤天然ガス地質調査報告

伊田一善* 篠山昌市**

Résumé

Natural Gas in Kakutō Gas Field, Miyazaki Prefecture.

by

Kazuyoshi Ida & Syōichi Shinoyama

Gas is reserved in non-marine pyroclastic sediments which are partly disturbed by Kirishima Volcanoes.

昭和 23 年 3 月宮崎県西諸県郡加久藤盆地の天然ガス鉱床に対して調査を行つたのでその結果をここに報告する。天然ガス並びに之に伴う水の分析は前商工技官故斎藤一雄及び通産技官加藤甲壬が担当した。

1. 層　　序

加久藤盆地の層序及び其の層厚は次の通りである。

〔地層名〕		〔層厚〕
日向ローム層		1～2m
段丘礫層	低位段丘礫層	2±
	高位段丘礫層	1±
霧島火山岩屑及び熔岩		—
白鳥砂礫層		4+
加久藤層群	下浦凝灰質砂岩	60±
	溝園泥岩	30～40
	昌明寺凝灰岩	50～70
	池牟礼凝灰質泥岩	80+

加久藤層群の基盤をなす岩石は未だ知られていない。おそらく所謂 Unknown Mesozoic が北東からこの盆地に延びて来ているのであろうと考えられるが，京町駅北方の温泉試錐では昌明寺凝灰岩の下限より 200m 下位は凝灰質岩の累層でそれらしい地層に到達しない。従つて加久藤層は地表に露出せる部分も加えると，総厚 300m 以上に達する。

1) 加久藤層群

a. **池牟礼凝灰質泥岩**「標準露出地」宮崎県西諸県郡眞幸村池牟礼桃ヶ迫間道路側

京町南方の池牟礼背斜の中軸に露出する地層に対して池牟礼凝灰質泥岩***と名ずける。本層は池牟礼部落東側の極めて狭い区域内にのみ露出していて凝灰質泥岩の間に凝灰岩，礫質砂岩等の薄層が挟まれる。又桃ヶ迫部落西側には擾乱した腐泥臭のある暗黒色泥岩の露頭がある。池牟礼層の凝灰質泥岩は灰色を示すものが多く時に縞状をなし，或は鉄錆質脈に貫かれ，凝灰岩は白色細粒のもの，或は粗粒石質褐色凝灰岩，豆灰質岩などがある。又本層の最上部の凝灰質泥岩及び凝灰質細砂岩からは闊葉樹の化石を産する。又中部，下部にも植物破片は多い。なお眞幸村吉田温泉の川底にも亦池牟礼層の泥岩が露出している事を附言する。

b. **昌明寺凝灰岩**「標準露出地」: 宮崎県西諸県郡眞幸村昌明寺 246m高地南川岸

昌明寺凝灰岩* は白色無層理の凝灰岩の厚層で川内川北岸に広く分布し，南岸では池牟礼背斜の軸に沿つて露出する加久藤盆地は下浦，昌明寺両層の爲，白壁をめぐらした如き景観を示している。川内川南岸の昌明寺凝灰岩はその中部に厚さ数mの泥岩を挟む。この泥岩は縞状凝灰質泥岩，粗粒凝灰質砂岩，白色細粒凝灰岩等を挟み，かなり連続性があつてこれを追跡する事により池牟礼の構造が明かになつた。又昌明寺凝灰岩の最上部は時に鮮黄色を呈する厚さ 2.5m の美しい凝灰岩，凝灰粘土がある。川内川北岸の昌明寺層にはこれらが欠除し層厚は 50m 程度であるが，弊田，池牟礼間の測定値は 69m である。

c. **溝園泥岩**「標準露出地」宮崎県西諸県郡加久藤村溝園長江川左岸露頭

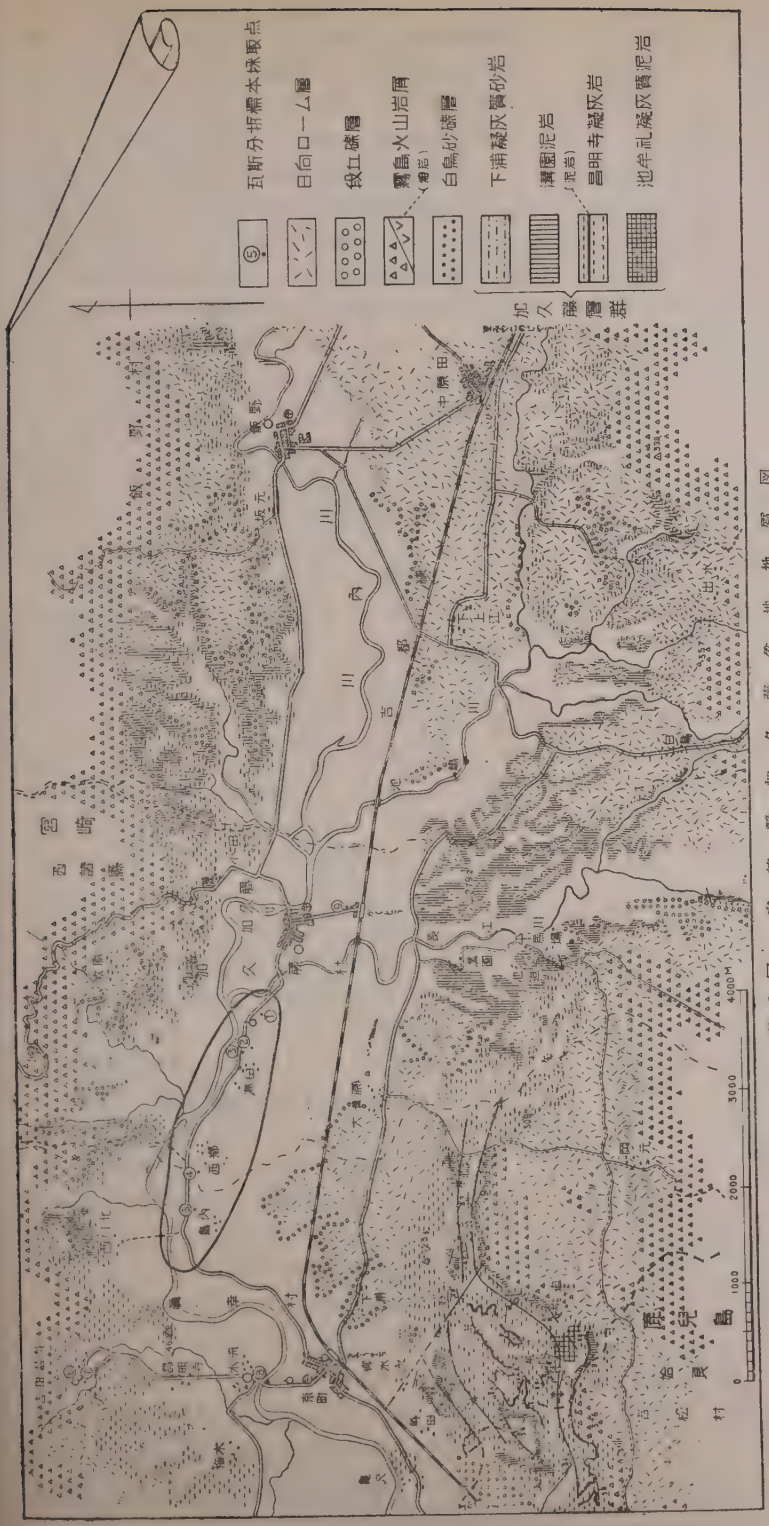
溝園泥岩は加久藤駅南方の長江川岸に最も良く発達している地層である。主として青灰色の層理の明かな泥岩で，昌明寺凝灰岩の上に整合し，京町南方で厚さ 34m あるが，模式の溝園附近ではこれよりやや厚くなるらしく，また川内川北岸ではこれよりやや厚くなるらしく，また川内川北岸では遙かに薄くなつたいる。溝園泥岩の上部には厚さ 10cm 内外の所謂" (banded lack vifric-fine-tuff) があり，更にその数m上位には厚さ 3cm の堅硬な coarse essential tuff が泥岩に挟まれて突起している。

d. **下浦凝灰質砂岩**「標準露出地」: 宮崎県眞幸村南，323 高地西北西 400 米道路切割.

溝園泥岩の上位は下浦凝灰質砂岩である。下位の地層との関係は多少侵蝕の跡があるが，全般的には整合的で

*燃料部. ** 元所員. 地質調査所月報第 2 巻第 3 号昭和26
*** 下限. 不明。上限. 地質柱状図参照

* 上下限は柱状図参照



第1図　宮崎県加久藤盆地地質図

ある。下浦層の最下部（厚さ約4m）は溝園泥岩の角礫と Lapilli を含むが，次第に上位になるに従い黄色或は白色の中粒乃至細粒無層理凝灰質砂岩厚層となる。分布は幣田の向斜軸附近と東部の飯野附近に限られており，前者は後者より厚く層厚 60m に達する。

(2) 白鳥砂礫層

標準露出地．加久藤村白鳥東方357高地北麓

加久藤層群の上位に不整合関係を以て堆積した地層は白鳥砂礫層である。本層は盆地の北部及び南部の周辺に僅かに断片的に露出する。砂岩は赤褐色粗粒乃至中粒で偽層が著しく発達していて礫岩を交える。又飯野村出水附近には層厚 0.75m の亜炭を挟み，嘗て採掘を試みた事があると言う。白鳥砂礫層は下浦凝灰質砂岩ばかりでなく，溝園泥岩にも又昌明寺凝灰岩にもアバットし，層厚は著しく変化し普通数mであるが，前記の亜炭を挟む地域では多少厚くなつている。溝園の南の東長江浦字浜川原では，北に 6° 傾斜する溝園泥岩上に不整合に白鳥砂礫層があり，更にその上位に段丘礫層及び日向ローム層が重畳するのが観察出来る。

(3) 霧島火山岩屑及び熔岩

加久藤盆地の周囲はすべて火山岩屑でかこまれるが，その内南側のものは霧島火山群の噴出物と思われる。北側の岩屑は果して霧島火山群に起因するか否かは不明であるが，ここには仮に上記の名称で一括することとする。

大小の安山岩質角礫を含む Volcanic Accessory Rubble よりなり加久藤村八日町北方の人吉に至る街道では板状熔岩が露出する。

(4) 段丘礫層

川内川南岸の段丘を覆つて厚さ

1~2m の砂礫層が分布する。これは長江川西岸にあるものと池島川附近及びその北にあるものとがあつて，明かに川内川及びその支流の河岸段丘礫である。これを低位段丘礫層とする。この礫層の堆積当時長江川の流路は現在よりやや西に偏していたものの如くである。即ちその分布から見て浜川原より平ノ馬場・四日市原・大溝原を径てその北或は西で本流の川内川に注いだものと思われる。眞幸村下浦では礫層の上に白色の凝灰岩薄層があるところがある。この低位段丘礫層の他に川内川右岸即ち盆地の北側に海拔 300m 内外の平坦面があつて，礫層に覆われる。これを高位段丘礫層とする。その他日向ローム層に覆われない低位の更に新しい段丘礫層も盆地南西部の吉松村地内にある。

(5) 日向ローム層

模式　宮崎平野（伊田．1948）

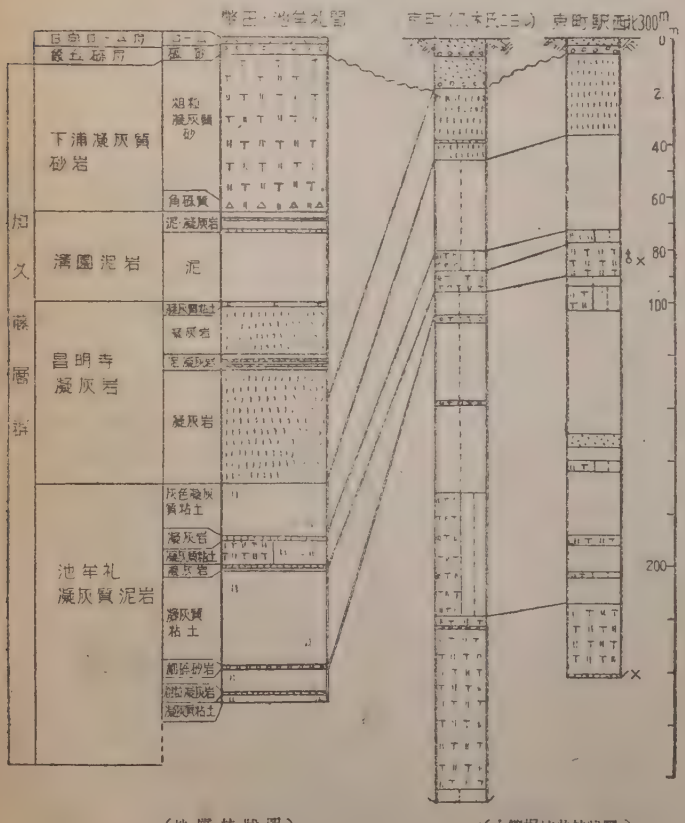
厚さ 1~2m,時に数m に達する塩基性火山岩質赤褐色細粒凝灰岩で外観は関東ローム層に近似する。最も新しい段丘を除いた各種河岸段丘或は南部の高位平坦地を覆う。

2. 地質構造並びに地史

加久藤層群の時代を決定する資料は未だ無いが，岩質と後述する地質構造から新第三紀末期と推定する。本層群の主体は陸成の火山噴出物で，その間に淡水成層を介在するこれは霧島火山の噴出による堰止湖の堆積物とすべきである。南九州一帯に分布する所謂「灰石」或は「灰砂」には多種多様なものが含まれている。昌明寺凝灰岩もその一つであつて，下浦凝灰質砂岩の一部もこれに属するとして良いであろう。加久藤層群は盆地周縁部に於ても岩相変化が少く，現在の盆地よりやや広い地域に堆積し，火山活動は激しかつたが，堆積状態は極めて平静であつた。

白鳥砂礫層は多少の侵蝕期を経て堆積したと考えられ，その堆積状態に盆地の形態が反映している。換言すれば加久藤盆地が盆地として形成されたのは，白鳥砂礫層堆積直前であると言える。

川内川右岸及び長江川以東の加久藤層群は殆んど傾斜せず（大観すると前者は南に後者は西に極めて僅か図上で傾きが見えるが，これは原傾斜と見るべきであらう）極めて平静な状態に在るにも拘らず，長江川左岸より吉松に至る地域は他と対蹠的に甚だ褶曲が進んでいる。先ず西より吉松東方の 329m 高地，楠辺の 376m 高地及び桃ケ迫の高地の霧島火山岩屑からなる三箇の連鎖状弧状構造が在る。これを吉松弧，楠辺弧，桃ケ迫弧とすれば楠辺弧と桃ケ迫弧の北側に沿つて池牟礼の背斜が走り，その角翼は楠辺弧の附近では直立若くわ南に急傾斜 1．桃ケ迫弧の西側では逆転して北西へ 60° 傾斜する。桃ケ迫弧の北側及びそれより東するに従い，傾斜は漸次緩くなる。この激しく褶曲した地域と平静な地域は走向方向に僅か 2,000m しか離れていないこと又次に述べる衝上が数百m で消滅することは，この地域の特性である。池牟礼背斜の北側には幣田の向斜構造があつて，池牟礼部落の北西方で同背斜の北翼が幣田の向斜の翼へ北西に衝上する。衝上面は南へ 38° 傾斜し，これも亦東にゆくに従い次第に monoclinal flexure に移り，遂には消滅する。池牟礼の背斜構造も，幣田の向斜構造も加久藤村三吉の南で消失し，長江川まで達していない。又桃ケ迫弧の西に於て極めて強度に褶曲する地域では，加久藤層群が



（地質柱状図）　（上鰐塚坑井柱状図）

第 2 図　柱　状　図

褶曲逆転すると共に，霧島の火山岩層も亦これに参加していることは特に注目に価する。従つてこれらの運動の起つた時期は，加久藤層群堆積後白鳥砂礫層堆積前に僅かに始まり，霧島火山岩層堆積中及びその直後に最も激しく，その余波は長江川が東方にその流路を変じている事から低位段丘礫層の堆積後にまで若干及んでいる。

この場合加久藤層群堆積後，続成作用が進んでいれば，変動は局部的に止まらないで，少くともこの小盆地の末端にまで多少なりとも波及しているべきである。従つて加久藤層群堆積後霧島火山岩層の時代まではさほど年代を経ていないとして良いであろう。

日向ローム層がその後に噴出した火山の堆積物であることは地形の高低の別なく各層の上に水平に堆積していることから知られる。

又霧島火山群の火口は北西——南東を長軸とする楕円状配列をしているが，その長軸の延長に吉松弧．椎辺弧．桃ケ迫が在り，更にその先に後述の吉田温泉——京町の炭酸ガス地帯が分布することなどの事実より，盆地南西部の地質構造は炭酸ガスと共に火山活動に関係があることが察知せられる。

3. 天 然 ガ ス

本地域に噴出する天然ガスは川内川流域に分布する可燃性ガスで，地域の北西端である眞幸村字釜ケ迫と京町とを結ぶ線には炭酸ガスが温泉と共に噴出する。

(1) 分布及び産狀

眞幸村亀沢附近より加久藤村八日町に至る川内川岸の東西約 6 km 南北約 2 km の間はガス存在の確定地域と認める。この内既開発地としては加久藤村湯田より眞幸村島内の間を九州天然瓦斯株式会社が鑿井した。これに就ては後述する。その他は何れも温泉，灌漑用水或は飲料水を得る目的で鑿井した結果噴出したもので，その多くは 10 乃至 40mg/l の Cl' を含む水と共に小気泡をなして噴出するものである。ガス層の深度は 55～75m の上層と 96～140m の下層とがある。ガスは何れも水を伴い水量はガス量の多寡を左右する。従つてこれらのガスは地下水に溶解して存在すると考えられる。

次に炭酸ガスは吉田温泉・昌明寺・水流・京町附近に温泉を目的とした坑井より温泉と共に湧出している。これらも可燃性ガスと同様に温泉の水中に溶解して存在するものと考えらる。

(2) ガスの性質及び附随水の性質

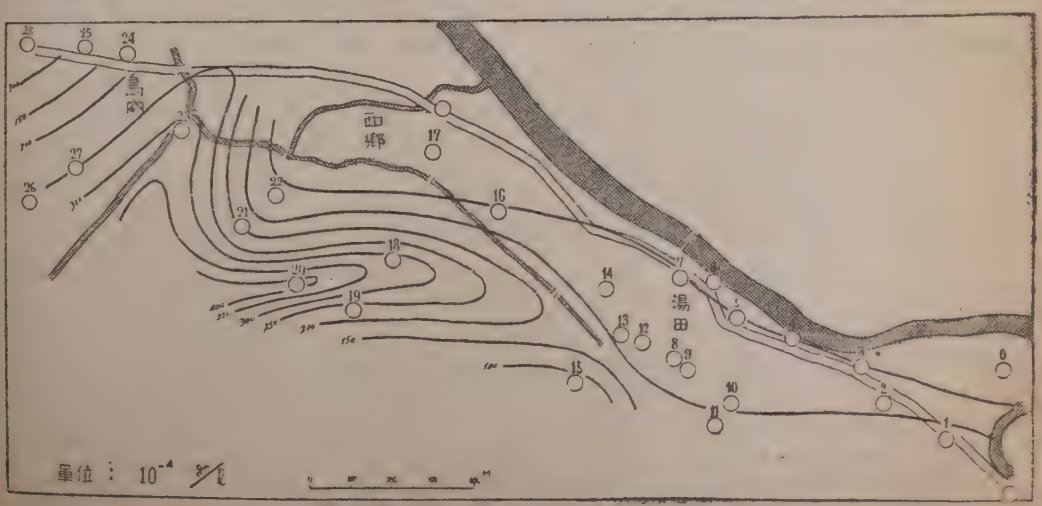
現地に於て測定したガスの組織は次の通りである。

分析番号 (標本採取地)

1. 九州天然ガス第1号井　6. 眞幸村吉田温泉の露頭
2. 同　第9号井　7. 同吉田温泉亀ノ湯の井戸
3. 同　第13号井　8. 同京町月見温泉内の坑井
4. 同　第22号井　9. 加久藤村加久藤駅前前田
5. 同　第27号井　10. 眞幸村釜ケ迫

分析番号	CH_4	O_2	CO_2	N_2	ガス量 M^3/D
	%	%	%	%	
1	77.38	0.30	4.45	17.87	14.4
2	78.90	0.17	3.67	17.26	—
3	79.61	0.34	4.23	15.82	—
4	76.76	0.61	3.65	18.98	—
5	79.38	0.20	3.66	16.80	2.6
6	—	0.20	98.20	—	—
7	—	0.23	98.17	—	1.2
8	82.54	0.64	4.79	12.03	—
9	76.89	0.20	3.83	19.08	4.3
10	—	—	99.20	0.8	—

第 1 表　天 然 ガ ス 組 成

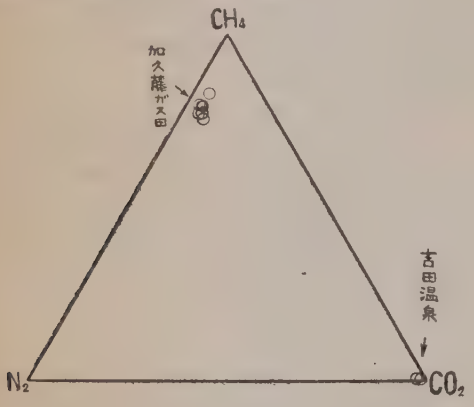


第 3 図　ガス附随水中の塩素イオン分布区

以上の結果より明かである通り，可燃性ガスはメタンを主成分とする乾性ガスで，比較的窒素含有量が多いと言う特徴を持つている。

坑井が老朽しているためガス量を測定し得るものは少く一般に現在出ている量は極めて少い。これに反して炭酸ガスのあるものは殆んど純粋な組成を有するので利用価値大である。

附隨水中のクロールイオン分布を第3図に示す。分布は細長い地帯に限られ，加久藤村湯田方面より眞幸村島内附近にその値が大であることを知る。



第 4 図　ガス成分図

4. 天然ガスの開発

加久藤村に於ても数十年前より天然ガスを民家で利用していた。これに着目して昭和 17 年より九州天然ガス株式会社が昭和20年までに上総堀に依つて深度 130m，140 m のガス井 27 坑を鑿井した。その後は休止しておりガス井は半ば放置され荒廃にまかし，他は坑井に近接した民家の炊事用に利用されているばかりである。その現況の詳細を第5図に示す。地質の記錄は全くない。次に昭和 19 年より 20 年に至る間の産ガス量を他の資料より推定すると，第6図の通りであつて，昭和 19 年 10 月に於ける単坑あたりガス量は 4.4m³/日 で当時稼行対象となるガス井は 21 坑であつた。この数字は日本各地のガス田に於ける産量に比較すると極めて微々たるもので，坑井仕上の不完全であること，ガスリフトを行つていないこと，坑井間隔を考慮せぬこと等技術的不完全さに依る点も多いが，何れにしても鉱床の規模が小であることは否定出来ない。

なおガス井は沖積層より掘り始め，その下位に直ちにくる昌明寺凝灰岩を経て，加久藤層群下部の池牟礼層に達していると考えられるが，坑井よりは地下の構造並びにガス層の層位に関する正確な知見は得られない。ただ周囲の地表地質から想像すると，断層・褶曲等の構造が無いばかりか，極めて平坦な構造をしていると想像出来る。

5. 結　　言

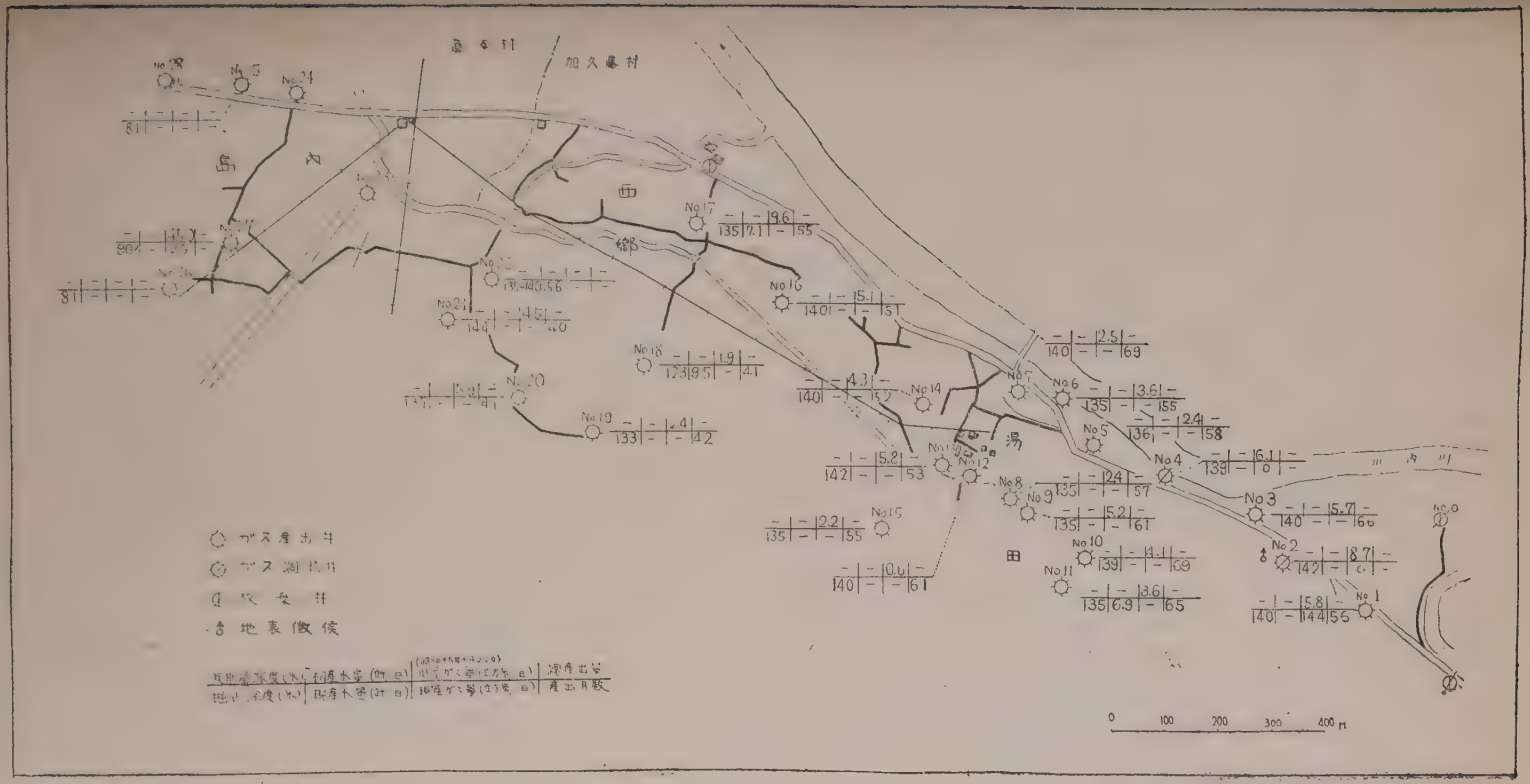
1. 加久藤盆地の天然ガス鉱床は第三紀末葉に堆積したと考えられる淡水成の地層中にあり，可燃性（乾性）ガスと火山起源の炭酸ガスとが存在する。

2. この可燃性ガス鉱床の内，既開発地域は褶曲・断層等の著しい地質構造に依存しておらず，極めて平靜な状態にある地層中に介在する，鉱床形態は Cl' の分布から推定すると川内川に沿つた細長い地帯をなす。

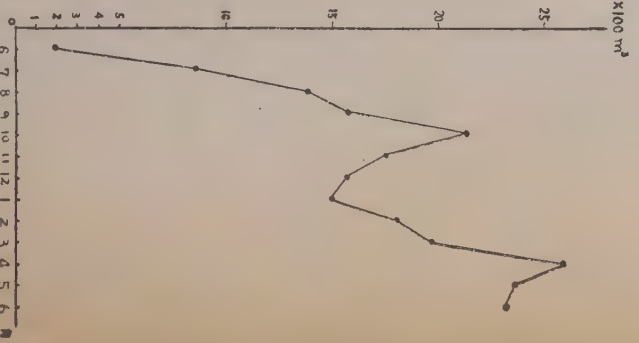
3. 可燃性ガスの採取を目的として嘗て稼行されたことがあつたが，深度 140m 以浅の地層中のガスは量が極めて少く，今後技術的に改善の余地はあるが，地方小工業用．或はこの地域の家庭用燃料の域を出ない。

4. 150m 以深のガス鉱床に関しては全く未知である。

5. 未開発資源としての炭酸ガスは純度高く，これを目的とした鑿井により小規模な企業は可能であると認める。（昭和 23 年 3 月調査）



第 5 図　加久藤ガス坑井図



第 6 図　ガス生産量

第　2　表

(水の組成)	P. H,	H s(遊離)	I′	Cl′(g/e)	性　質
九州天然瓦斯株式会社 0号井	7.2	0.0000	0.0000	0.0071	無色，無臭，透明
〃 1号井	7.2	0.0000	0.0000	0.0178	微異臭，混濁沈澱 25°C
〃 5号井	7.2	0.0000	0.0000	0.0107	無臭，無色微混濁 24°C
〃 6号井	7.2	0.0000	0.0000	0.0071	無臭，無色透明　23°C
〃 7号井	7.0	0.0000	0.0000	0.0107	〃　23°C
〃 9号井	7.2	0.0000	0.0000	0.0107	〃　24°C
〃 11号井	7.3	0.0000	0.0000	0.0178	無色，無臭，稍混濁
〃 13号井	7.1	0.0000	0.0000	0.0143	極微臭，稍混濁，沈澱
〃 15号井	7.1	0.0000	0.0000	0.0089	無色，無臭，透明
〃 16号井	7.1	0.0000	0.0000	0.0107	無色，無臭微混濁 23°C
〃 17号井	7.2	0.0000	0.0000	0.0071	〃　〃 透明　21°C
〃 18号井	7.0	0.0000	0.0000	0.0321	〃　〃稍黄色混濁24°C
〃 19号井	7.1	trace	0.0000	0.0214	微H_2S臭，無色透明 24°C
〃 20号井	7.1	0.0000	0.0000	0.0428	無色，無臭透明　25°C
〃 22号井	7.1	0.0000	0.0000	0.0107	無臭，帯黄稍混濁 23°C
〃 23号井	7.1	0.0000	0.0000	0.0321	無臭，稍白色混濁
〃 27号井	7.1			0.0250	無臭，帯黄透明　23°C
〃 28号井	7.4	trace	0.0000	0.0071	微H_2S臭，無色透明
眞幸村京町温泉眞砂旅館	7.4	0.0000	0.0000	0.0143	
眞幸村月見温泉 No,1	7.4	0 0000	0.0000	0.0143	29°C
〃 No,2	7.3	0.0000	0.0000	0.0143	48°S°C
加久藤沢前田歯科医院	7.0	0.0000	0.0000	0.178	無臭，白色混濁
同　山田長助方井戸	7.0	0.0000	0.0000	0.0178	無臭，白色混濁
眞幸村吉田温泉	7.0	0.0000	0.0000	0.6315	
同　亀ノ前	6.7	0.0000	0.0000	0.6851	

541 : 115.083

石炭の発熱量（無水，無鉱物基）に就いて

佐々木　実*

Résumé

Report on Calorific Value (dry, mineral matter—free basis) of Coal

by

Minoru Sasaki

Calorific value (dry, ashlss basis) is frequently used as one method of expressing coal property, but it decreases even when the coal is of the same property, if proportion of ash increases.

This phenomenon is due to the decrease of weight of mineral matter at the time of combustion of coal, so calorific value (dry, ashless basis) is very changeable acco rdingto the components and quantity of m ineralmatter in coal.

It brings about objections in various cases. Therefore it must be corrected as in the following formula :

Calororific value (dry, mineral matter-free basis)

$$= \frac{\text{Cal. value}}{\text{100-moisture-correcting ratio of ash} \times \text{ash}} \times 100$$

Note: (correcting ratio of ash × ash = weight percentage of mineral matter in coal)

The average correcting ratio of ash in the Japanese coal is 1.074 and it shows generally a large figure in low coalification.

1. 緒　　言

従来炭質の一表現方法として所謂純炭発熱量が，よく使われて来たが，灰分が多くなるに従い同一炭質のものでも，その値が減少するので，あらゆる面で不都合な事が生じて来る。

例えば灰分の多い石炭は純炭発熱量の値が小さく算出されるので，より以上に悪く評価されたり，又炭層の炭質的変化の検討，対比，或は炭質的石炭の分類，炭質的埋蔵量の算出等を行う場合に誤りが生ずる事になる。

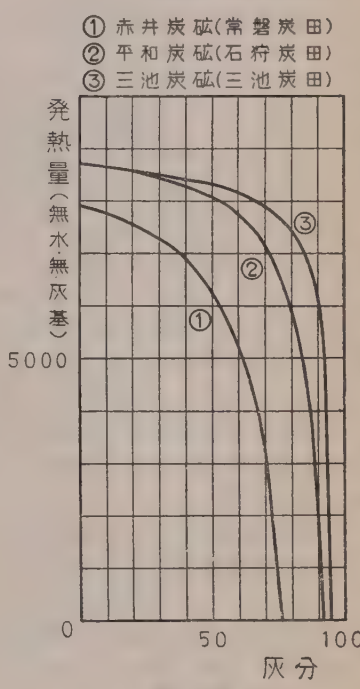
かゝる誤りをなくなすためには灰分を補正した発熱量（無水・無鉱物基）を使用すればよいのである。

以下発熱量（無水無鉱物基）の理論及び灰分の補正率の求め方に就いて述べる。

なお炭田別，灰炭層別，炭礦別の灰分補正率を求めたので合せて掲載する。

分析資料は昭和 23 年以後の配炭公団研究所分析台帳による。

2. 発熱量（無水無灰基）



第 1 図

石炭化度を表わす最も簡単な尺度として，或は炭質の一表現方法として，所謂純炭発熱量を従来使用して来た。純炭発熱量とは無水無灰炭 1 kg の発熱量（無水無灰基）の事で下記の計算式より求め得る。

$$\text{発熱量（無水無灰基）} = \frac{\text{発熱量}}{\text{100} - \text{水分} - \text{灰分}} \times 100 \quad \cdots\cdots ①$$

①式は水分や灰分の量とは無関係に石炭の性質によつて定まつた値を示すべきであるが，実際には灰分が多くなるに従い，第1図の如くその値が減少するので具合が悪い事になる。

3. 灰分の補正

第　一　表

	水　分	灰　分	鉱物成分	灰分補正率	可燃剤発熱量
粘　土	3.05	92.34	96.95	1.05	6,323
砂　岩	9.37	82.62	90.73	1.10	6,323

* 燃料部

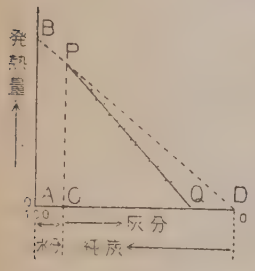
地質調査所月報　第 2 巻　第 3 号　昭和 26 年

この様な事の起るのは，灰分が多くなると灰化に要する熱量が発熱量から奪われる事に起因するのではないかと一応考えられるので，助燃剤として安息香酸（発熱量6,324 cal/kg）を使用して，粘土及び砂岩に就いて工業分析を行つて見たが，発熱量の値には（1カロリー減少）殆んど変化がなかつた（第1表参照）

この様な事の起るのは，石炭を炉中で燃焼させる際に石炭中に含まれている鉱物質がその重量を減ずる事に起因する。

例えば結晶水や炭酸塩 CO_2 の一部が分解遊離する事など考えられる。

今図に就いて更に詳しく述べて見よう。（第2図参照）



第 2 図

同一炭層から出る石炭に就いて，灰分や発熱量の異るものの発熱量を縦軸に，純炭一（100 一水分一灰分）を横軸にとつて図上にプロットすれば，それらの点は殆んど一直線PQ上に載る。今AC＝平均水分とすればCDは鉱物成分量で，CQはCDが燃焼された際の灰分QDはその際に於ける鉱物燃焼減量である。勿論QDは不燃性のものである。所がその際に於ては

純炭＝100－水分－灰分＝100－AC－CQ＝QD

となり不燃性成分であるQDが純炭として算出されるので不合理である。

即ち灰分＝CQ に対して QD の割分で不燃性成分量が純炭中に算出されるので灰分が増加するにつれ（1）式の値が減少してくるのである。

従つて灰分を補正して鉱物量を求めればPQ線は右方に移行してPD線と一致し，上記の不合理な点が除去される訳である。

4. 灰分補正率の求め方

第 2 図に於て，

a). PQ線を最小二乗法或は目分量で引く

b). 平均水分ACをとれば

$$\text{灰分補正率}\quad \alpha=\frac{CD}{CQ}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots②$$

なお鉱物成分量を求めるには灰分補正率に灰分を乗ずればよい。

この補正率の値は，各炭層に依つて異るが，本邦炭全国平均は $\alpha=1.075$ なる値を示す。

なお炭田別，炭炭層別，炭礦別の灰分補正率は第 3，4，5，表に掲載した。

表より明らかな如くfの値は大体炭層によつて一定しているが，同一炭層でも地質的條件の相違に依ると思われるが炭礦によつてfの値の大きいのや小さいのがある。

炭層で比較的fの値の大きいものは宗谷，羽幌，春取，磐城，端島累層，双子累層等である。

又一方炭田別に見れば，天北，苫前，鷹能舞，扇田，常磐等は比較的tの値は大きい。

一般に石炭化度の低い石炭は値が大きい傾向がある。無煙炭に於てはその値が大，小種々様々である。

5. 発熱量（無水・無鉱基）の求め方

灰分の量に無関係に常に一定の値を示す発熱量（無水無鉱物基）は次の計算式より求め得る。

$$\frac{\text{発熱量}}{(\text{無水・無鉱物量})}=\frac{\text{発熱量}}{100-\text{水分}-\text{灰分補正率}\times\text{灰分}}\times 100\cdots③$$

又図上に於て求めるには（第 2 図参照）

a) PQ線を最小二乗法又は目分量で引く

b) 平均水分をとる

c) C点を通りAB線に平行線を引きPQとの交点Pを求める。

d) D,Pを結びその延長とAB線との交点Bを求むれば，ABが求むるものである。

なお③式を用いて算出する代りに計算図表.（図4,5，を使用すれば簡単で便利である。

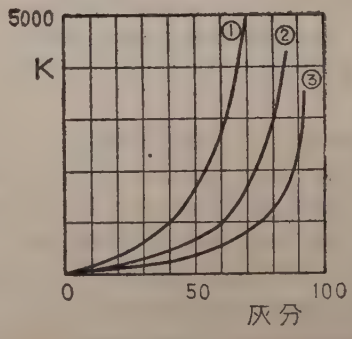
6 発熱量（無水.無灰基）と灰分補正率の関係

③及び①式より明らかな如く，灰分補正率の値が小さい程 k＝③式－①式の値が小さくなる。

又第 2 図及び②式より

$$\alpha=\frac{CD}{CQ}=\frac{100-\text{水分}}{100-\text{水分}-QD}\quad\text{となり}$$

水分及びQDの値が小さい程 α の値は小さくなる。従つてkの値も小さくなる。



第 3 図

今水分及びQD共にその値の比較的小さいものと，比較的大きいものとkの値の関係の一例を示せば第3図及び第2表の様になる。

第 2 表

炭　礦　名	平均水分	Q D	灰分補正率
(1) 赤井炭礦(常磐炭田)	12	12	1.16
(2) 平和炭礦(石狩炭田)	1.3	6.5	1.08
(3) 三池炭礦(三池炭田)	1.01	3	1.03

灰分	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
(1)	70	150	250	350	450	600	800	1000	1300	1600
(2)	30	70	120	180	240	300	370	450	550	650
(3)	20	40	70	100	140	180	220	270	330	400

図及び表より明らかな如く補正率の値が大きい程灰分の増加するに従い急激にKの値が大きくなり発熱量（無水無灰基）の値が急激に小さくなる。従つて灰分が多く且補正率の値の大きい石炭は必ず灰分を補正しなければならぬ。

7. 総　　括

（1） 所謂純炭発熱量とは無水・無灰炭 1kgの発熱量の事で次の計算式より求め得る。

$$\text{発熱量(無水・無灰基)} = \frac{\text{発　熱　量}}{100 - \text{水分} - \text{灰分}} \times 100$$

（2） 発熱量（無水・無灰基）は灰分が多くなると急激にその値が減小するので具合が悪い。

（3） この様な事の起るのは，石炭を燃燒させる際に石炭中に含まれている鉱物質が，その重量を減じ，その減量が純炭＝（100－水分－灰分）中に算出される事に起因する。

（4） 従つて灰分を補正して，鉱分成分量を求めればよい。

（5） 灰分補正率は工業分析（この場合は水分，灰分及び発熱量）の結果を図上にプロットして簡単に求め得る。

（6） 本邦炭炭田別，夾炭層別，炭礦別の灰分補正率も求めたが，夾炭層によつて大体一定の値を示す石炭を示す。

（7） 石炭化度の低い石炭の灰分補正率は一般に大きな値を示す。

（8） 本邦炭全国平均の補正率は 1.075 なる値を示す。

（9） 灰分の量に無関係に常に一定の値を示す発熱量（無水・無鉱物基）は次の計算式より求め得る。

$$\text{発熱量(無水・無鉱物)} = \frac{\text{発　熱　量}}{100 - \text{水分} - \text{灰分補正率} \times \text{灰分}}$$

或は又計算図表を使用すれば簡単に求め得る。

（10） 灰分が多く且灰分補正率の大きい石炭は必ず灰分を補正しなければならぬ。

（11） 灰分補正率と石炭中に含まれている，鉱物の種類灰の色灰の分析結果等との関係又堆積運動等との関係に就ては今後残された問題である。

第 3 表　炭田別灰分補正率一覧表

北海道

炭田名	灰分補正率
天北	1.14
中川	1.11
苫前	1.20
留萌	1.07
石狩(空知北部)	1.08
石狩(空知中部)	1.07
石狩(空知南部)	1.08
石狩夕張地区	1.10
茅沼	1.09
釧路	1.12
釧路	1.06
釧路	1.10

本州

炭田名	灰分補正率
岩手	1.03
扇田	1.06
阿仁合	1.09
久慈川	1.07
西上	1.05
最上谷	1.08
赤磐(双葉地区)	1.05
常磐(石城東部)	1.11
常磐(石城南部)	1.13
常磐(多賀地区)	1.11
常磐(白河地区)	1.13
常磐	1.12
日市	1.06
五瀬山	1.02
小取	1.04
富手	1.06

本州

炭田名	灰分補正率
大野	1.06
郡上	1.03
武儀	1.05
舞鶴	1.10
熊野	1.06
松汀	1.05
成羽	1.12
宇部	1.07
津布田	1.07
大嶺	1.08

四国

炭田名	灰分補正率
勝浦	1.04

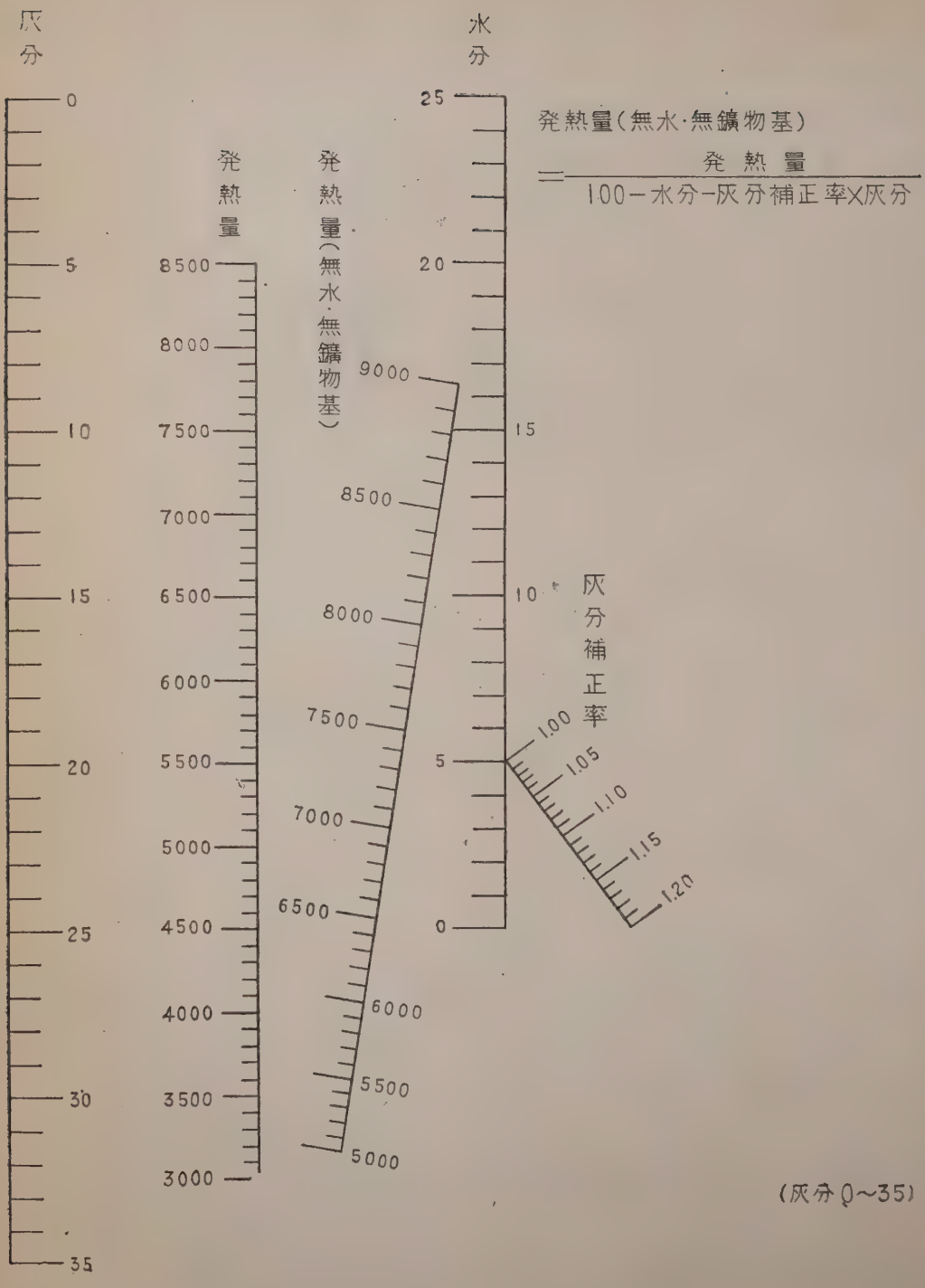
九州

炭田名	灰分補正率
小倉	1.04
筑豊	1.05
朝續	1.07
福岡	1.05
三池	1.03
佐賀	1.03
北松	1.04
崎戸	1.06
高島	1.03
天草	1.09
	1.06

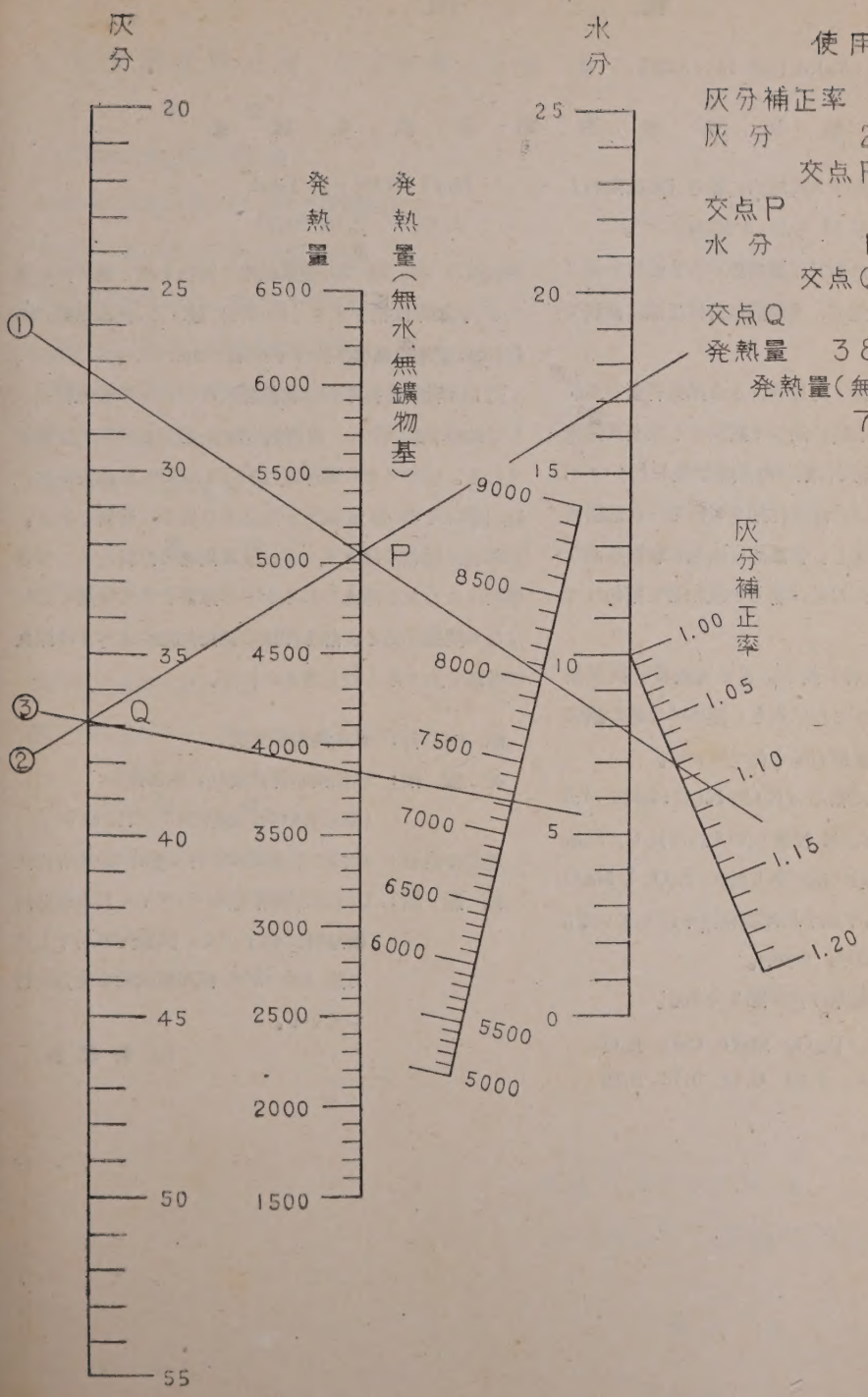
全国平均　1.075

第 4 表　夾炭層別灰分補正率一覧表

炭田名	夾炭層名	灰分補正率	炭田名	夾炭層名	灰分補正率
天北	宗谷	1.14	筑豊	遠賀	1.06
苫前	幌内	1.20	〃	上石	1.03
留萌	沖陣	1.07	〃	竹谷	1.09
〃	太和	1.07	〃	三尺	1.06
〃	大正	1.07	〃	五尺	
石狩	幾春別	1.08	〃	大焼	1.08
〃	羊蹄	1.09	北松	福井	1.03
〃	美唄	1.06	〃	世知原	1.08
〃	夕張	1.06	〃	柚木	1.09
〃	川別	1.10	〃	中里	1.08
釧路	尺別	1.11	〃	相浦	1.07
〃	雄別	1.07	崎戸	松島	1.03
〃	春採	1.08	高島	王島	1.00
常磐	磐城	1.13	〃	伊島	1.13
		1.12	〃	端島	1.13
			〃	双子	1.14



第4図　発熱量(無水無鑛物基)計算図表



使用例

灰分補正率 1.08 } を結び
灰分 27.3 }
交点Pを得る

交点P
水分 17.4 } を結び
交点Qを得る

交点Q
発熱量 3840 } を結び

発熱量(無水.無鑛物基)
7230を得る

(灰分20~55)

第5図 発熱量(無水・無鑛物基)計算図表

雑　　報

553.61 : 550.8 (521.14) : 622.1

秋田県秋田陶石鉱床調査

秋田県平鹿郡大森町字十日町地内に在る「秋田陶石」鉱床の調査を昭和 23 年 11 月に 3 日間行つた。

現場には奥羽本線大曲駅又は横手駅から大森町を経て到り，この間にバスを通じ，多期間以外は出鉱に便利である。

鉱床は第三紀男鹿島統に対比される女川頁岩層の上部を蔽い十日町附近の用水路に沿つて露出する凝灰質泥流の一部が一種の変質作用を蒙つた結果脱色したもので，比高 65m の丘陵地附近は珪化作用を受けその北部斜面に軟質白色の富鉱部がある。富鉱部は白色の軟質脆弱な塊状鉱より成り南部の東斜面は著しい珪化帯で蔽われている。

鉱石の構成鉱物は玻璃が過半を占め玉髄質石英斜長石(灰曹長石)，蛋白石がこれに次ぎ，極めて少量の絹雲母緑泥石，カオリン，金紅石等を伴つている。

化学成分はアルカリに富み (K_2O+Na_2O : 5.5%～7.5%) 原岩 (アルカリ 3.5% 程度) のそれに比して増加している。品位には一般に斑があり特に K_2O, と Na_2O の量比は不定であるが，平均すれば概ね相半ばしている。鉄分は略々 Fe_2O_3>0.35% で少い。

代表的な鉱石の分析結果は次の通りである。

SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	K_2O	Na_2O	$H_2O(+)$	Total
74.41	0.08	16.70	0.26	0.14	0.73	2.29	2.76	2.76	99.97

耐火度は SK 19～20，焼成結果は純白を呈し透明性が強いが，収縮率は稍々大きく約18%に達する。高温焼成(SK 13)では素地に亀裂が生ずる欠陥があるといわれている。

差当り稼行し得るのは富鉱部だけで，その分布範囲としては南北約 150m，東西約 75m，深さ約 30m が推定される。従つてその鉱床量は約 32×10^4t が推定され，純白鉱はその 40% 程度が見込まれ相当に豊富である。本鉱石は現状ではタイル又は硬質陶器の原料として少量混用することが考えられるが，主原料として使用するにはなお問題がある。然し今後の活用如何によつては開発の価値を生ずるものと考えられる。

鉱山名：秋田陶石鉱業所

採掘権：秋田陶石株式会社，坂部隆一
(東京都中央区銀座西 7 丁目1の 5)

連絡事務所：秋田県平鹿郡横手町上根岸 13 熊谷富治

鉱産額：山元は開発準備中で，タイル乃至硬質陶器原料に供すべく，試験用鉱石として月産 100～200t 程度断続的な出稼を行つている。

(上野三義)

地質調査所月報　第2巻第4,5号　目　次

報　文

山口県河山鉱山鉱床調査報告
山形県大泉鉱山銅，鉛，亜鉛鉱床調査報告
秋田県畑鉱山鉛，亜鉛鉱床調査報告
青森県舟打鉱山鉛，亜鉛鉱床調査報告
布部一山部附近の温石綿鉱床調査報告
和歌山県飯盛鉱山含銅硫化鉄鉱床調査概報
愛媛県愛媛鉱山地質調査報告
愛媛県別子鉱山調査報告

速　報

筑豊粘土及ボタ調査概報
高知県安芸郡下の炉材珪石概査報告
岩手県久慈粘土調査概報
岐阜県文珠村エノキ谷マンガン鉱床調査報告

雑　報

昭和 26 年 3 月 20 日　印　刷
昭和 26 年 3 月 31 日　発　行

著作権所有　工業技術廳地質調査所

印刷者　加　納　友　男
東京都中央区日本橋両国 16
印刷所　新生印刷株式会社
東京都中央区日本橋両国 16

U. D. C. 55(05)

BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Tomofusa Mitsuchi, Director

Vol. 2 MARCH 1951 No. 3

CONTENTS

I. Sunagawa: On the Variation of Crystal Habit of Pyrite in "Bessho" Gypsum Deposits, Wanibuti Mine, Shimane Prefecture ..... (1)

S. Iwao, T. Ansai & T. Okano: Brick Silica-stone Deposits in Tanba District, Kyōto and Hyōgo Prefecture ..... (10)

S. Itō, M. Tomita: Report of Lead and Zinc Deposits of Iide Mine in Niigata Prefecture, with Special Reference to the Structural Control of the Ore Deposit ..... (30)

Z. Yoshida, K. Komura: On the Cupriferous Pyrite Deposite of Shirataki Mine, Kōchi Prefecture. ..... (33)

N. Obara, K. Watanabe & S. Ueno: Rapid Titration Method of Ultimate Analisis (carbon) of Coal and its Application ..... (37)

K. Kaneko, others: Natural Gas in the Vicinity of Yamagata City ..... (44)

K. Ida, S. Shinoyama: Natural Gas in Kakutō Gas Field, Miyazaki Prefecture ..... (50)

M. Sasaki: Report on Calorific Value (dry, mineral matter-free basis) of Coal ..... (57)

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN
Hisamoto-cho, Kawasaki-shi, Japan